

Jorge R. Lorenzo

Prof. Auxiliar

Cátedra de Estadística y Sistemas de Información Educativa

Escuela de Ciencias de la Educación

Facultad de Filosofía y Humanidades

Universidad Nacional de Córdoba

*Enseñar estadística con nueva mirada,
un desafío que atraviesa a profesores y alumnos*

Uso de la tecnología en la enseñanza de la estadística

Mejorar la calidad de la enseñanza es un reto permanente, especialmente hoy, cuando el aula está atravesada por multiplicidad de factores individuales, institucionales y sociales. La tecnología en general, y especialmente la computadora, pueden ser las herramientas que en el nuevo milenio sean tan necesarias como el pizarrón y la tiza.

1. Introducción

La evolución de la tecnología trajo consigo la posibilidad de que las computadoras fueran de fácil acceso en término de costos. Esto también impulsó a los diseñadores de software a crear entornos más sencillos y amigables, atendiendo a las capacidades de un usuario no entendido en materia de programación. Hace unos 20 años atrás, los programas de computación que permitían realizar cálculos con grandes bases de datos, solo estaban disponibles en unos pocos ámbitos; en la actualidad éstos presentan un formato más flexible, sencillo y de manejo más intuitivo. Las hojas de cálculo, tanto como las calculadoras virtuales con funciones estadísticas, se incluyen actualmente en todos los software, y paulatinamente se han incorporado en la enseñanza de la disciplina. Esto ha puesto en discusión dos importantes cuestiones: a) qué debe enseñarse en un curso básico de estadística, y b) cómo debe enseñarse a partir del uso de la tecnología. En esta breve exposición presentaremos algunas cuestiones centrales acerca de la utilización del software en la enseñanza de la estadística en cursos básicos e introductorios. Antes de continuar, conviene aclarar los alcances de los términos

programa y software: en lo sucesivo utilizaré el término programa para referirme a la planificación curricular para la enseñanza de la estadística, y reservo el término software para referirme al programa informático estadístico (v.g. SPSS, R, Excel, etc.).

2. Disponibilidad de recursos materiales

En primer lugar, trabajar con tecnología supone resolver previamente una serie de cuestiones que implican infraestructura. Es fundamental saber con qué tipo de montaje tecnológico contamos para comenzar a planificar el curriculum. A continuación enumeramos algunos elementos básicos a la hora de pensar en cómo introducir la tecnología a la enseñanza de la estadística.

a) La disponibilidad de computadoras: no es posible incorporar material didáctico basado en un software, si los alumnos no tienen computadoras; es imprescindible que al menos en la institución exista un laboratorio de informática donde los alumnos hagan su práctica.

b) Trabajar bajo un mismo entorno virtual: si se ha resuelto el problema de las máquinas, se debe garantizar que todas tengan instaladas el mismo sistema operativo (GNU/Linux o Windows) y por ende, el mismo software estadístico sobre el que se basa la propuesta curricular.

c) Mantenimiento de las unidades: es necesario realizar un mantenimiento periódico tanto de las terminales como del software empleado. Los fallos reiterados de las computadoras o del software, atrasa el tiempo en que se debe impartir una clase o la cantidad de práctica que requiere la enseñanza de un punto del programa; como consecuencia se tiene que al final del cuatrimestre o del año lectivo, varias unidades quedan sin poder dictarse.

d) Permitir al alumno un uso irrestricto de las computadoras: aquí retomo el punto a) mencionado, aunque lo común es que los alumnos tengan computadoras, esto no debe darse por sentado *a priori*, por lo tanto, para aquellos que no poseen una máquina, poder utilizar la que dispone una institución es vital para su aprendizaje. Por otra parte, existe una razón de orden más psicológico, la institución es un ámbito capaz de motivar el uso de los laboratorios en tanto se identifica con la labor académica, algo que no necesariamente sucede si el alumno está en su casa.

3. Diseño del curriculum centrado en el uso de software estadístico.

Si ha sido posible solucionar las dificultades surgidas de cualquiera de los puntos anteriores, es menester considerar que la incorporación de una herramienta informática en la enseñanza de la estadística, implica pensar en qué impacto tendrá esta incorporación en los contenidos de la materia. Todo cambio deberá ser cuidadosamente evaluado acorde a la capacidad de adecuar el programa de enseñanza, de manera tal que en su implementación no se genere un impacto negativo que obligue a dar marcha atrás con la reforma planeada. Lo recomendable siempre es que se comience con pequeños cambios del contenido del programa original cuando este ya ha sido utilizado con escasas modificaciones en varias cohortes de alumnos. Esto puede demandar que la plena incorporación del software estadístico en el programa de la materia requiera varios años. Un ejemplo de lo mencionado, es la discrepancia que se produce entre el material de lectura (manuales, tutoriales, etc.) y el uso del software. Por lo dicho, es necesario reorganizar el material didáctico de manera que las actividades de aprendizaje y los tutoriales estén en consonancia con el software empleado. Por ejemplo, si se pretende demostrar la manera en que un conjunto de datos puede representarse mediante tablas de frecuencia y gráficos de barra, será necesario incluir en el material de lectura, tanto los conceptos estadísticos apropiados, como los comandos que son necesarios para que el software realice las operaciones de cálculo y representación. Es importante entonces que los cambios en las actividades propuestas, se acompañen de la ejercitación apropiada en el empleo del software estadístico, de manera que el concepto que se pretende enseñar sea facilitado por el software, sin que este reemplace el desarrollo del pensamiento crítico. Esto ha sido subrayado por Friel (2007), quien sostiene que el software debe ser una herramienta que facilite la incorporación de ideas y conceptos de la disciplina. Así, el tiempo que el alumno ahorra al no tener que embarcarse en faenas de cálculos, debería reinvertirse en la exploración y práctica de conceptos estadístico. Otro ejemplo, las nociones de tendencia central y dispersión pueden ser manipuladas con mayor soltura a partir de las prestaciones de cualquier software ya que agregar, quitar o modificar los datos, permite ver de inmediato los cambios que se producen en el estadístico calculado. Entender qué es promedio y varianza en un conjunto de datos es mucho más sencillo de explicar cuando se puede manipular a voluntad los ejemplos y ver los resultados inmediatamente, cuestión que el software resuelve apropiadamente.

Otra cuestión importante es que un software estadístico permite incorporar el análisis e interpretación de resultados con bases de datos tomadas de investigaciones

reales. Existen repositorios virtuales de bases de datos, que se pueden descargar gratuitamente y realizar sobre ellas análisis descriptivos simples (v.g. datos censales). En este caso el alumno no tiene que perder tiempo cargando datos, sino que trabaja sobre extensas bases ya preparadas para el análisis. Puesto que en general el tamaño de la base de datos no afecta la capacidad del software estadístico, el trabajo sobre una base de datos real puede facilitar la comprensión de los conceptos estadísticos en el contexto de la problemática sobre la cual se han recogido esos datos. De este modo, en un curso introductorio de estadística en ciencias de la salud, en el manejo empresarial, en las ciencias de la educación, etc. una base de datos obtenida a partir de una problemática pertinente a la carrera, ayuda a la comprensión de los conceptos estadísticos utilizados con más frecuencia. Por ejemplo, aprender a calcular una tasa o porcentaje, es importante para un alumno en ciencias de la educación, puesto que constantemente encuentra en la literatura referencias a tasas de repitencia, de abandono y otras, que son valiosos indicadores educativos. De esta manera, el alumno aprende mediante la aplicación de funciones estadísticas propias del software, el concepto, su uso, y abre la problemática a la interpretación y discusión de resultados.

En ocasiones, no es necesario que se trabaje sobre las bases de datos, ya que los resultados de investigaciones suelen presentarse en un formato dado por el propio software. Tablas, gráficos y resultados de pruebas de hipótesis son ejemplo de lo dicho. Así, el alumno puede centrarse sobre aspectos metodológicos que orientan el conocimiento hacia las técnicas más apropiadas para obtener información de calidad a partir de un conjunto de estadísticos. Por ejemplo, la lectura de un informe censal, permitirá comprender la utilidad de las tasas y los porcentajes como descriptores del comportamiento de una variable poblacional, tal el caso de la cobertura de la escolaridad primaria. De este modo, la planificación curricular no solo se focaliza en el uso del software sino que además permite ver y estudiar cómo lo usan los investigadores en situaciones concretas de investigación.

4. Más allá del software

Las herramientas tecnológicas utilizadas en la estadística, abarcan otras aplicaciones que pueden utilizarse conjuntamente con el software. En general, los proveedores de software de este tipo ofrecen plataformas de ayuda en línea, que en ocasiones resulta una muy buena opción para pensar en la didáctica de la estadística. Sin embargo, hay que diferenciar entre un software didáctico y uno de uso común. Tomemos como

ejemplo uno de los paquetes estadísticos de distribución libre y gratuita como es R. Sobre este programa pueden encontrarse una amplia variedad de manuales y tutoriales, la mayoría de los cuales tienen por finalidad simplemente enseñar a usar el software. Sin embargo, la planificación de un programa de enseñanza de la estadística saca mucho más provecho de software diseñado con propósitos educativos. La diferencia entre un software convencional y uno educativo es que este último está especialmente diseñado para explorar conceptos centrales de la disciplina y cuenta con ejemplos incorporados que ponen énfasis en ellos. Otra diferencia importante suele aparecer en el menú de ayuda; el software convencional está centrado en el estadístico que se pretende utilizar, el software educativo relaciona el estadístico calculado con los conceptos teóricos que lo definen. Actualmente, el software estadístico convencional suele presentarse en una versión demostrativa gratuita, con la que se promociona su uso entre los estudiantes, por ello es frecuente que se acompañen de tutoriales redactados en un sentido didáctico más que técnico.

Otra ventaja del software educativo radica en la disponibilidad de repositorios (generalmente bases de datos) y materiales multimedia que comprenden un completo programa de enseñanza de la estadística. En el material multimedia se combinan videos sobre el uso de la estadística en aplicaciones reales, resúmenes de conferencias y animaciones para el uso del software, tutoriales para realizar análisis a partir de archivos del repositorio, libros en línea, etc. Cuando se incorpora un software estadístico en un programa de enseñanza, es necesario tener en cuenta la disponibilidad de esos materiales y repositorios, especialmente si los mismos son de libre acceso y gratuitos. Por otro lado, es necesario asegurarse que estén en idioma español.

Actualmente existen páginas web que permiten la descarga de los denominados *applets/stand-alone applications*, que son aplicaciones sencillas diseñadas para realizar una tarea específica en el contexto de un software. En ocasiones aparecen escritas en lenguaje Java. Finalmente, están las páginas web especialmente diseñadas para la enseñanza de la estadísticas, las cuales permiten ensayar análisis directamente en su entorno virtual (v.g. cálculo de áreas bajo la curva normal, comparación de medias o proporciones, generación de números aleatorios, etc.).

Como puede apreciarse la decisión de emplear un software, requiere comprobar que el mismo sea compatible con la planificación curricular, y que los materiales didácticos que se disponen en la red, no se apartan demasiado de los objetivos del programa. Este trabajo suele llevar mucho tiempo, por ello es que señalamos que la

incorporación de recursos tecnológicos a la enseñanza de la estadística debe ser paulatina.

5. Cómo puede la tecnología apoyar el aprendizaje

Los entornos virtuales necesarios para la enseñanza de la estadística no son igualmente familiares a todos los alumnos, por ello, un objetivo primordial de un curso es garantizar la disponibilidad de herramientas tecnológicas, y promover la familiaridad que los estudiantes tengan con ellas. Recordemos lo dicho anteriormente, de que las instituciones deben contar con gabinetes de informática suficientemente equipados para que todos los alumnos puedan practicar sin restricciones en los software dispuestos a tal fin. Así, a medida que el alumnado adquiere los conceptos básicos sobre estadística los aplica mediante el uso del software. Por ejemplo, al comprender la importancia del resumen de información mediante gráficos, conjuntamente con el desarrollo de sus habilidades para generarlos mediante el software, se expande el contexto de las problemáticas que pueden resolverse con diferentes tipos gráficos (v.g. diagramas de cajas, histogramas, etc.). En el mismo sentido, el cálculo de estadísticos como la media aritmética y la varianza se simplifican notablemente, permitiendo ahondar en la comprensión e interpretación de esos estadísticos en la prueba de hipótesis o la estimación de parámetros. Podríamos continuar con la lista de ventajas que trae aparejado el sustraer al alumno de los cálculos, pero debe tenerse siempre presente que cualquier aplicación informática debe subordinarse a la adquisición de conceptos de la disciplina y el desarrollo de un pensamiento crítico.

5. Evaluación del aprendizaje

A esta altura, está claro que al cambiar la modalidad de dictado de la materia es necesario cambiar también el enfoque de la evaluación, que ahora deberá centrarse en la capacidad de los estudiantes de explicar conceptos y justificar conclusiones. Tomemos como ejemplo un tema central en un programa de enseñanza de la estadística: la asociación y correlación de variables. Dado un conjunto de datos, los docentes pueden organizar la estrategia de evaluación en torno a preguntas del tipo “¿qué pasaría si?” Los ítems de evaluación ahora apuntan a que los alumnos reflexionen sobre el comportamiento de dos variables que se suponen correlacionadas, que interpreten la magnitud de la correlación, que exploren gráficamente la nube de puntos trazada por

ambas variables, que determinen si se necesita un coeficiente de correlación lineal para estimar la magnitud, etc. Nótese que mediante este tipo de preguntas se invita a los estudiantes a organizar el conocimiento en torno a situaciones realistas de interpretación de resultados. Si no se cuenta con investigaciones reales, los docentes pueden proveer simulaciones que se aproximen con bastante fidelidad a una investigación real y evaluar la capacidad de los alumnos de extraer conclusiones de los resultados presentados.

Con todo lo dicho, no se puede dar por sentado que existe una manera unívoca de evaluar al estudiante. Aun hoy, las investigaciones sobre la forma apropiada en que pueden usarse las herramientas provistas por un software estadístico siguen en discusión. Las nuevas investigaciones pretenden identificar nuevas metodologías de enseñanza-evaluación basadas en el uso del software, pero existe acuerdo en que el empleo del software debe orientarse principalmente a que el estudiante sea un activo constructor de su propio conocimiento, promoviendo la reflexión en el hacer y la observación, con el objetivo de afianzar sus habilidades metacognitivas, es decir, las capacidades de pensar sobre sus propias maneras de pensar (Hawkins 1997). Está claro entonces que la forma de evaluar debe adaptarse a las implementaciones del software como herramienta didáctica, sin perder de vista que el principal objetivo de la evaluación es lograr un conocimiento válido del estado de conocimiento del alumnado.

6. El aprendizaje colaborativo

Ya destacamos que la familiaridad de los alumnos con los entornos virtuales puede ser muy variada. Esto puede traer aparejado que en el aula se den situaciones en que algunos alumnos estén muy familiarizados con los comandos del software, mientras que otros recién comienzan ese aprendizaje. Cualquiera sea la situación áulica el objetivo de la enseñanza mediante el uso de software estadístico es la incorporación de las ideas centrales de la disciplina. Dado que buena parte del trabajo se realizara en un laboratorio de informática, el docente debe estar preparado para desarrollar sus clases en ambientes que promuevan el aprendizaje colaborativo. La forma de llevar a cabo este cometido puede ser agrupando a los alumnos por pares o pequeños grupos, donde se entremezclen aquellos que tienen experiencia en el uso de la computadora, y quienes recién toman contacto con la misma en la escuela. Esta práctica suele tener consecuencias positivas al permitirle al estudiante cooperar con sus pares y volverse un activo constructor de conocimiento (Huffman, Goldberg, y Michlin 2003; Miller 2000;

Ben-Zvi 2006). Según algunos autores, este quehacer es incluso más parecido a lo que aparece en la práctica cotidiana, acercando así el aula a situaciones reales de vida.

7. Promoviendo el cambio conceptual

El uso de los programas estadísticos es muy importante para trabajar errores o ideas equivocadas ya que permite ver de manera inmediata los resultados de una predicción o hipótesis. La disonancia cognitiva creada a partir de las diferencias entre las predicciones de resultado y el verdadero resultado, son un punto de anclaje fundamental para que el alumno entre en contacto con la manera en que razona sobre un problema. Así, conceptos difíciles de explicar tales como las formas que puede tomar una distribución de datos, casos atípicos y medidas de tendencia central y dispersión, pueden ser inmediatamente graficados y calculados, dándole al alumno la posibilidad de que pueda ver en qué medida su predicción se aparta del resultado. Una cuestión importante en todo esto es que, es el propio alumno quien puede manipular los datos, de manera que es capaz de centrarse en las propiedades del estadístico calculado, al tiempo que monitorea la diferencia entre lo que espera que suceda y lo que verdaderamente sucede.

8. Observaciones al uso de la tecnología

No todos coinciden en que la introducción de herramientas informáticas en la enseñanza de la estadística, produce resultados inmediatamente visibles. Algunos incluso reservan algunas dudas sobre el alcance de los beneficios que ésta aporta y puede darse el caso en que distintos docentes de una misma unidad académica tengan diferentes opiniones sobre la incorporación de la tecnología. Aunque no se pretende alinear a los docentes en un mismo pensamiento, se recomienda resolver las discrepancias en cuanto a contenidos de la curricula o programa de enseñanza, antes de que el alumno se encuentre en situación de aprendizaje y más importante aún, debe existir una clara visión de cómo se evaluarán contenidos (Kleiman 2004).

La tecnología esta impregnando progresivamente casi todas las actividades cotidianas, y el aula no es una excepción; pero no debemos equiparar el avance tecnológico con un progreso seguro. En muchos casos los alumnos o los docentes, no se sienten conformes con ella, lo cual puede generar tensión si de ambas partes no se establecen acuerdos claros. En otras palabras, los docentes pueden negarse a que los alumnos usen computadoras en el aula, porque consideran que esto relaja en exceso el pensamiento crítico. A la inversa, un docente puede imponer unilateralmente el uso de

un determinado software que no resulta amigable al alumno, pero al cual él está particularmente acostumbrado. Bajo tales condiciones, la incorporación de la tecnología se hace forzada y se pierden los potenciales beneficios que ésta pueda aportar.

Otras veces, el docente no está preparado para incorporar la tecnología a sus prácticas de enseñanza. Es una realidad que la agenda de los docentes suele estar muy exigida, por lo que demandarles que aprendan el uso de la nueva tecnología para sus clases, puede resultar contraproducente, si antes no se ha tenido la precaución de darle el tiempo necesario y los recursos para una sólida formación.

Finalmente, algunos docentes simplemente no creen que la tecnología pueda mejorar una práctica basada en años de experiencia en el aula, por lo cual simplemente la ignoran como posibilidad. En este último caso, todo esfuerzo externo por promover el uso de la tecnología se verá boicoteado por el propio docente, quien mostrará que el uso de la computadora o un software, no contribuyen sustancialmente al aprendizaje.

La conclusión que se desprende de lo dicho es que toda vez que se planea implementar un programa de enseñanza basado en un software (incluida la enseñanza de la estadística), es necesario una preparación previa del docente, cuidadosamente planeada tanto en lo que respecta a los contenidos que debe enseñar, como al uso de la herramienta informática de soporte que dispondrá. Una formación deficiente promueve la inseguridad del docente y un consecuente sentimiento de aislamiento y fracaso, que trae como consecuencia una vuelta a formas anteriores de impartir conocimiento (Levin y Waugh 1998). Por lo tanto, al incorporar la tecnología se requiere la capacitación constante y el soporte de plataformas (físicas y virtuales), para que los proyectos didácticos prosperen. Además, la formación docente no debe implicar una carga horaria extra o no remunerada; en este sentido debe tenerse presente que el docente sacará el máximo provecho de las novedades tecnológicas, si está motivado para hacerlo y si se siente contenido en un ambiente que promueve una formación integral y orientada a la mejora de su práctica áulica. Así, reprogramar tareas dentro del cursado de una materia y entre actividades de diferentes áreas curriculares, es un objetivo que se debe alcanzar antes de comenzar a usar los laboratorios de informática. Lo mismo si es el alumno quien trae su propio equipo a clases.

9. La tolerancia con el error

Enfrentar los obstáculos que implica usar la tecnología muchas veces lleva al ensayo y el error como práctica, lo cual puede desembocar en el incumplimiento de los objetivos

trazados en el programa. En cualquier caso, el docente debe estar preparado para lidiar con el fracaso, y los directivos deben dar el mayor apoyo posible para socorrer al docente en estos casos. Es un hecho que todo cambio en la manera de enseñar implica un período de prueba y ajustes, y en este sentido la evaluación constante y el monitoreo de progreso en la implementación de un nuevo programa de enseñanza, son insumos vitales para mantener el cambio y llegar a las metas de mínima propuestas.

10. Recomendaciones en la elección de un software estadístico para la enseñanza

Las recomendaciones más usuales a la hora de escoger un software estadístico para la enseñanza, pueden resumirse en los siguientes puntos; a) optar en lo posible por un software didáctico, b) que el software tenga una interfaz sencilla, c) que no presentes demasiadas incomodidades en la carga de datos, d) que permitan importar bases de datos en múltiples formatos, e) que tenga un menú que combine dinámicamente la interfaz del gráfico y análisis numérico, y c) que sea soportado por cualquier sistema operativo (para una discusión pormenorizada de estos puntos, ver *The GAISE College Report* de Franklin y Garfield 2006).

<p>Desafíos pedagógicos en educación básica</p> <p>El documento Guía para la Evaluación e Instrucción en Educación Estadística (Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education GAISE, 2005), reconoce que los avances en la tecnología y la creciente difusión de datos numéricos en la sociedad, impone la necesidad de desarrollar materiales didácticos que introduzcan la enseñanza de la estadística en los primeros grados de educación básica. Diferentes autores que contribuyeron a la redacción de dicho documento, instan enfáticamente a los docentes e investigadores, a pensar en entornos de enseñanza con fuerte anclaje en la tecnología, el contenido y la pedagogía. Los cursos introductorios de estadística están cambiando, y se impone la necesidad de un software didáctico adaptado a las potencialidades cognitivas tempranas de los alumnos.</p>	<p>La finalidad es promover un pensamiento crítico que considere la alfabetización estadística como una manera de pensar y razonar con técnicas de análisis de conjuntos de datos, y la manera en que estos pueden expresarse en lenguaje visual mediante el gráfico. A medida que el software deviene más sencillo de usar, y presenta entornos más amigables, la principal competencia del estudiante es la capacidad de comunicar resultados numéricos, en el contexto de problemáticas diversas. Las intervenciones pedagógicas dirigidas al cambio conceptual, intentan promover la capacidad del alumno de unificar el lenguaje numérico con la el verbal.</p>
--	--

Bibliografía

Ben-Zvi, D. (2006). Scaffolding students' informal inference and argumentation. In A. Rossman y B. Chance (Eds.), Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics. [CD-ROM]. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute.

- Chance, B., Ben-Zvi, D., Garfield, J., y Medina, E., (2007). The Role of Technology in Improving Student Learning of Statistics. *Technology Innovations in Statistics Education*, 1(1) pp. 1 – 26.
- Franklin, C. y Garfield, J. (2006). The GAISE (Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education) project: Developing statistics education guidelines for pre K-12 and college courses. En G. Burrill (Ed.), 2006 NCTM Yearbook: Thinking and reasoning with data and chance. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Friel, S. (2007). The research frontier: Where technology interacts with the teaching and learning of data analysis and statistics. In G.W. Blume & M.K. Heid (Eds.), *Research on technology and the teaching and learning of mathematics: Cases and Perspectives* (Vol. 2, pp. 279-331). Greenwich, CT: Information Age Publishing, Inc.
- Hawkins, A. (1997). Myth-conceptions. In J. Garfield & G. Burrill (Eds.), *Research on the role of technology - teaching and learning statistics* (pp. 1-14). Voorburg, The Netherland: International Statistical Institute.
- Huffman, D. Goldberg, F. y Michlin, M. (2003). Using computers to create constructivist learning environments: Impact on pedagogy and achievement. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 22(2), 151-168.
- Kleiman, G.M. (2004). Myths and realities about technology in k-12 schools: Five years later. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 4(2), 248-253.
- Levin, J., y Waugh, M. (1998). Teaching Teleapprenticeships: Frameworks for integrating technology into teacher education. *Interactive Learning Environments*, 6(1-2), 39-58.
- Miller, J. (2000). The quest for the constructivist statistics classroom: viewing practice through constructivist theory. Unpublished Ph.D. Dissertation, Ohio State University. Retrieved December 4, 2006 from <http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/dissertations/00.Miller.Dissertation.pdf>