

STEM INTEGRADO CON SOPORTE TIC PARA EDUCACIÓN EN LAS HABILIDADES SIGLO XXI

Roberto Araya

CIAE, Universidad de Chile

Resumen: En un mundo cada vez más interconectado, marcado por una creciente automatización, con nuevas tecnologías del lenguaje, computación biológica, enormes cantidades de datos y una nueva generación de inteligencia artificial, muchos trabajos tradicionales van a quedar completamente desplazados. Este nuevo escenario requiere que nuestros estudiantes asimilen y dominen nuevas habilidades. Una de las principales es la de la integración de los conceptos y prácticas centrales de la matemática, física, química, biología, lenguaje y humanidades. Debe ser una integración generadora, que incluya la Tecnología e Ingeniería (STEM), capaz de permitirles construir soluciones eficaces a los nuevos desafíos que irán emergiendo. En este trabajo se muestra cómo Clases Públicas Cross-Border con apoyo TICs promueven la integración no sólo en STEM sino que también la colaboración entre escuelas y el desarrollo de habilidades siglo XXI.

STEM, Integración, Clases Públicas Cross-Border, Habilidades Siglo XXI, TICs

INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más interconectado, marcado por una creciente automatización, con nuevas tecnologías del lenguaje, computación biológica, enormes cantidades de datos y una nueva generación de inteligencia artificial, muchos trabajos tradicionales van a quedar completamente desplazados. Los vehículos autónomos, las redes sociales digitales, los servicios de auto atención, los diagnósticos basados en el genoma, así como muchas otras tecnologías difíciles de predecir significarán cambios disruptivos en la naturaleza del trabajo. Este nuevo escenario requiere que nuestros estudiantes asimilen y dominen nuevas habilidades. Una de las principales es la de la integración de los conceptos y prácticas centrales de la matemática, física, química, biología, lenguaje y humanidades. Debe ser una integración generadora, capaz de permitirles construir soluciones eficaces a los nuevos desafíos que irán emergiendo.

Esta visión integrada de las disciplinas es la que se denomina STEM por sus siglas en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. El desafío es enorme pues tradicionalmente las disciplinas son enseñadas por docentes especializados en cada una de ellas y que no dominan las otras. Aún en el primer ciclo básico donde son enseñadas por un mismo docente la integración es mínima. Esta desconexión se profundiza aún más por el aislamiento docente. A diferencia del trabajo en otras profesiones, cada docente trabaja en aulas desconectadas de las otras y sus docentes respectivos. Mientras hace su clase no puede conectarse con otros docentes que en ese momento hacen clase en otras escuelas.

Además, la integración STEM debe dar lugar a soluciones, y por esta razón, también se incluye la ingeniería. Esto es algo completamente nuevo en la educación básica y media. Requiere enfrentar problemas reales y no de texto escolar. Es esencial también el trabajo en equipo además del multidisciplinario.

En este trabajo se muestra una experiencia piloto de integración de las disciplinas STEM y cómo apoyándose en tecnología es posible establecer conexión sincrónica entre aulas y desarrollar Clases Públicas Cross-Border. Las redes sociales que emergen en esas actividades sincronizadas entre escuelas logran un gran interés y entusiasmo en los estudiantes. Es un adelanto del mundo interconectado que enfrentarán, en una combinación permanente de competencia y colaboración.

INTEGRACIÓN EN UN MUNDO INTEGRADO

Existe un creciente consenso de la urgente necesidad de introducir un cambio de foco en la enseñanza de las ciencias y la matemática. Debe responder a desarrollos actuales con disciplinas integradas así como también a modos innovadores de trabajo de los profesores responsables. Estos cambios provienen de repensar la Educación para este nuevo siglo, y prever lo que los estudiantes requerirán en 20 ó 30 años más: ¿Qué conocimientos y habilidades serán las críticas para cuando terminen la escuela? Es sabido que la velocidad de cambio experimenta una aceleración constante y que hoy la situación laboral es muy diferente a la que se enfrentó hasta hace poco. Es ahora mucho más difícil predecir los empleos que emergerán y los que desaparecerán. Desde la perspectiva de la educación esta tendencia significa que es más difícil pero apremiante y necesario visualizar el mundo en que se insertarán al trabajo aquellos que hoy están recién comenzando a estudiar. La inteligencia artificial, el aprendizaje por máquinas, el reconocimiento de voz, el análisis de imágenes, la “minería de textos”, las nuevas tecnologías computacionales para el análisis del lenguaje, las redes sociales y las tecnologías genéticas están cambiando el mundo a uno más conectado, dinámico e instantáneo. Es seguro que nuestros hijos tendrán trabajos no sólo distintos a los nuestros, sino que radicalmente distintos a los trabajos típicos de toda la generación actual. Un estudio reciente de la Universidad de Oxford (Frey & Osborne, 2013), sobre las 702 ocupaciones catalogadas por el Departamento del Trabajo de EE.UU., estima que la mitad de las ocupaciones están en alto riesgo de automatizarse en los próximos 10 a 20 años.

La cuantificación del problema es compleja debido a la gran cantidad de factores, a la dificultad de prever el impacto a largo plazo en los trabajos de los estudiantes y el impacto en el bien común. Una primera estimación parte por analizar la educación actual y comparar el país con otros. Por ejemplo, el impacto de la educación considerada solo como bien público nos da ciertas luces. Consideremos solo el costo a la sociedad por el mayor tiempo que necesita invertir para lograr el nivel de desempeño típico de otros países. Según el reporte de la OCDE, PISA 2012 Chile logra 423 puntos en PISA de matemáticas, a diferencia de la media OCDE que logra 494. Esto significa según OCDE que nuestros estudiantes requieren 1,75 años adicionales de estudio para lograr el mismo desempeño que el promedio de los estudiantes de los países OCDE obtienen, y más de 3 años adicionales para alcanzar el nivel de los países asiáticos. Dado el enorme costo de educar a los estudiantes, que aproximadamente es 1 millón por alumno al año, este retardo significaría un gasto adicional millonario: el que resulta de educar por 1,75 años extras a cada generación. Dado que cada generación tiene aproximadamente 200 mil estudiantes, entonces podemos estimar el costo anual del retraso. Considerando que entre ciencias y matemáticas se ocupa

cerca de un tercio de los tiempos escolares, entonces el retraso tiene para la sociedad un valor anual de 300.000 pesos por 200 mil estudiantes por 1,75 años, lo que da un total de 105 mil millones de pesos anuales. Esto es un costo directo que afecta a todos. Es claramente una subestimación, pues habría que considerar varios otros costos como los derivados a un menor desarrollo científico y tecnológico, y menos emprendimientos, así como costos personales para los estudiantes. Otra arista cuantificable está por el lado de la solución. Hay más de 100 mil docentes en Chile que deben enseñar ciencias y/o matemáticas, y que deberían ajustar sus prácticas. Son docentes que enseñan desde primero básico a cuarto medio. Adicionalmente, hay que considerar que no es fácil cambiar prácticas y mejorar los desempeños de los estudiantes. Según (Kane et al, 2007, 2008; Harris et al, 2008)), la capacitación y postgrados tradicionales no logran efectos en los logros de los estudiantes. Estos números sólo dan cuenta de cambios en la educación para lograr lo que los países desarrollados actualmente logran. Sin embargo, el desafío es aún mayor. Es necesario preparar para el futuro.

Por otra parte, existe el problema del aislamiento del docente. Por lo general, el docente pasa el día entre cuatro paredes, solo frente a su clase y aislado de sus pares (Labaree, 2010). Tiene pocas oportunidades de observar a pares, de intercambiar información o recibir retroalimentación. El aislamiento espacial dificulta la imitación, adaptación y transferencia de buenas prácticas. En las actividades esporádicas de desarrollo profesional docente es frecuente encontrar que sólo recibe instrucción sobre contenidos y eventualmente conceptos sobre estrategias didácticas, pero no observa a pares realizando clases con estudiantes. Por esta razón las actividades de desarrollo profesional docente no facilitan la transferencia de prácticas y fosilizan el aislamiento.

Frente a estos enormes desafíos han surgido respuestas basadas en la enseñanza integrada de ciencias y matemáticas tal como lo expresa el reporte al presidente de EEUU de la Executive Office of the President: Prepare and Inspire: K-12 Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) Education for America's Future. Estos nuevos currículos para la enseñanza básica y media en muchas partes del mundo hablan de concentrarse en prácticas y habilidades STEM (por su sigla en inglés para Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), y en algunos casos como Corea del Sur incluyen las Artes y Humanidades. Estas prácticas se refieren a cómo construir modelos, tanto físicos, biológicos, computacionales y matemáticos, que a su vez requiere cambios en el modo de enseñar las ciencias y las matemáticas, integrándolas y dejando de aprenderlas por separado como también cambios en actitudes y habilidades interpersonales tales como la habilidad de crear e implementar ideas inusuales, aprender a reconocer y apreciar similitudes y diferencias, aprender a trabajar en equipos, desarrollar mayor perceptividad social y capacidad de persuasión.

Por lo tanto, frente a la situación y necesidades referidas es importante repensar las clases de matemáticas y ciencias. Es necesario asumir el desafío de integrar áreas del conocimiento que tradicionalmente en nuestras escuelas han estado completamente aisladas. El docente de biología usualmente no introduce o no conoce bien los conceptos matemáticos relevantes y no visualiza su potencial para sus clases. Por otra parte, el docente de matemáticas tampoco

vislumbra cómo podría usar la matemática para ayudar a entender la biología. El docente de tecnología a lo más piensa en utilizar algunos videos, internet o software. La ingeniería, por otra parte, no está en el currículum, y es considerada como completamente ajena a la escuela.

Tal como propone las National Academies en su reporte STEM Integration in K-12 Education, es necesario investigar cómo lograr un entendimiento profundo e integrado, y buscar estrategias para enseñar de manera que los estudiantes puedan transferir las estrategias y conocimientos a nuevas situaciones. Se necesita que los docentes puedan enseñar a resolver problemáticas reales y significativas y, por lo tanto, que integren varias disciplinas.

Para enfrentar este desafío educacional una alternativa es el Estudio de Clases y Clases Públicas. Corresponden a una tradición centenaria japonesa de Desarrollo Profesional Docente (Isoda et al. 2012). Por ejemplo, en un proyecto APEC liderado por la Universidad de Tsukuba, la principal formadora de docentes de Japón, se trabaja en el estudio de clases y clases públicas para la preparación frente a desastres naturales como tsunamis, terremotos, huracanes, aluviones e incendios forestales (Araya, 2016). Estos son problemas reales, no problemas de texto ni problemas inventados para las clases. Son problemas que los estudiantes ven en sus vidas diarias o los ven frecuentemente en los medios. Para entender estos problemas y desarrollar soluciones se requiere integrar las ciencias y la matemática. Un punto central es el Modelamiento. Esta ya aparece como habilidad central en los currículums de matemáticas y de ciencias. Es por lo tanto esencial investigar cómo enseñar Modelamiento en Ciencias y Matemáticas. Dada la magnitud y naturaleza del desafío una estrategia posible es la de trabajo en equipo de docentes e investigadores, con Estudio de Clases y Clases Públicas.

En síntesis, los desafíos educacionales para enfrentar la naturaleza del trabajo en los próximos 20 años y la necesidad de integración en STEM requieren cambios muy significativos de prácticas docentes. Una alternativa analizada en este trabajo es el Estudio de Clases y Clases Públicas, con apoyo TICs. De esta forma una comunidad de docentes y estudiantes de diferentes escuelas exploran y perfeccionan las prácticas para integrar las ciencias y matemáticas.

CLASES PÚBLICAS STEM CROSS-BORDER CON APOYO TIC

Presentamos aquí una experiencia de Clase Pública Cross-Border con apoyo TIC que apunta a dotar al docente de esta poderosa e innovadora herramienta para desarrollar una reflexión mucho más profunda sobre sus clases. Esta innovación tiene dos fundamentos conceptuales: la reflexión y la sincronía.

La *reflexión* proviene evolutivamente del diálogo con otros. Según Tomasello (2014), el razonamiento individual o monológico es un parásito del razonamiento dialógico, el que se realiza conversando con terceros. La reflexión individual, en solitario, es en realidad una interiorización de las conversaciones y razonamientos que realizamos para convencer a otros. Por esta razón se aprende mucho al conversar con otros. Se lo obliga a ubicarse en la posición del otro, a entenderla, a mirar el mundo desde ese ángulo. Esto ayuda a la

comprensión de lo que uno efectivamente hace y produce en clase. En esta interacción se llega paulatinamente a compartir algunos puntos de vista. Pero no es lo mismo tener niños al frente que también tener a otros docentes. El diálogo es en otro plano. En ese diálogo el docente tiene acceso al punto de vista de un tercero que observa desde un ángulo muy particular. Algunos están concentrados en ciertos alumnos particulares, otros ven la clase más holísticamente. Algunos están siguiendo la lógica de los conceptos y su desencadenamiento, otros están siguiendo la dinámica social. Todos estos son planos de diálogo que ahora no están presente en las prácticas docentes. Al proveerlo con las clases públicas, la conversación es mucho más completa. Además de las interacciones y conversaciones con los estudiantes se provocan otras con los pares. Es una reflexión desde la práctica, situada y colectiva, que no parece existir en la formación docente actual.

Por otra parte, el otro fundamento está en la sincronía (Isoda, 2015). No es lo mismo recibir retroalimentación posterior que estar con los otros docentes in situ. El docente puede inmediatamente observar reacciones de su audiencia. Puede ver si un chiste logra la risa no solo de los estudiantes, sino también de los demás profesores. Puede inmediatamente ver sus reacciones en sus rostros y posturas corporales. En actividades conjuntas como torneos (Araya et al. 2014, 2016) entre escuelas puede también lograr sincronías mayores con varios docentes en clases públicas simultáneas y conectadas. Este es una verdadera innovación que rompe la tradición milenaria de clases aisladas. Con la tecnología este enorme salto es posible. La clase se parece más a un torneo de fútbol, con partidos en los que cada profesor es un entrenador con sus jugadores, y adicionalmente hay una audiencia de docentes presenciales y a distancia observando y estableciendo conversaciones para el mejoramiento de las clases. Según Gamble et al (2014), el lenguaje proviene evolutivamente del acicalamiento entre pares, luego de la risa colectiva que sincroniza pequeños grupos, luego del canto y danza colectiva que sincroniza a muchos más y logra descargas de endorfinas que nos unen, aumenta la cohesión social y muy especialmente la colaboración. En ese estado emocional social que logra la sincronización, estamos más dispuestos a cambiar nuestra conducta. Aquí entonces hay una gran oportunidad de sentirnos parte de una comunidad, a aceptar la retroalimentación y a transformar nuestras prácticas.

El desafío de integrar los conceptos y prácticas claves de STEM es aún mayor que los desafíos de clases tradicionales (Krajcik et al., 2014). Ahora se requiere más que nunca la competencia de docentes y de expertos de varias disciplinas. Es decir, contar con docentes de lenguaje, ciencias y matemáticas, además de expertos en cada una de estas disciplinas, todos observando y participando en la misma clase pública. Es por lo tanto prácticamente imposible hacer la integración y diseñar y ajustar buenas clases en forma aislada. En el Estudio de Clases y particularmente en las Clases Públicas japonesas reside una gran oportunidad para afrontar este enorme desafío. Adicionalmente con el apoyo tecnológico como un Sistema de Soporte al Desempeño (Reynolds & Araya, 1995), esta solución puede potenciarse, aumentar la frecuencia e intensidad, y así poder lograr un mayor impacto en el aprendizaje de los estudiantes.

CLASE PÚBLICA CROSS-BORDER SOBRE CONTENIDO DE ENERGÍA

Como parte de un proyecto APEC se ha diseñado, piloteado y sometiendo al proceso de Estudio de Clase una primera Clase Pública STEM en el contenido de Energía. La clase integra conceptos y prácticas centrales no sólo de física y matemática, sino además de biología, economía, ciencias sociales, tecnología e ingeniería.



Figura 1: Clase Pública Cross Border donde se integraron conceptos centrales de matemática (estimación de volumen) y de energía (kCal generada por estudiantes). A la izquierda se observa una maqueta de la sala para ayudar a estimar su volumen y cubos blancos en la mano izquierda del profesor que modelan un metro cúbico.

Al centro se modela dos kCal con dos pelotas de pimpón naranjas que sostiene el alumno. A la derecha estudiante explica su razonamiento escribiendo en su tablet sincrónicamente con los estudiantes de su curso y los de otros cursos participantes.

Por otra parte, además de la participación de varios cursos de la escuela Santa Rita de Casia de La Pintana, han participado cursos del Internado Nacional Barros Arana (INBA), un curso de la escuela Fray Luis Beltrán de Valparaíso y apoyada por investigadores de la Universidad Católica de Valparaíso, y un curso de la escuela Draper Intermediate de Texas, EEUU.



Figura 2: Clase Pública Cross Border: a la izquierda el INBA, al centro la escuela Draper Intermediate de Texas, y a la derecha la escuela Santa Rita. Todos saltan sincronizadamente.

La clase pública está orientada a la Energía que es un concepto central en física, pero que además es transversal, y es también central en química, biología, economía, desarrollo social, etc. Además la clase tiene por objetivo a despertar la conciencia de la necesidad de mejorar la eficiencia para enfrentar los desafíos ambientales que se irán provocando en la medida que más países salen del subdesarrollo y van aumentando la captura de energía. El desafío ha sido muy estimulante para todos, estudiantes, docentes e investigadores. En septiembre se realizó la primera clase pública piloto con la Escuela Santa Rita y la Escuela Fray Luis Beltrán de Valparaíso. Participaron dos octavos, uno de cada escuela, 8 docentes observadores y un profesor.

El 4 de Octubre del 2016 se realizó la segunda clase pública piloto. Participaron un octavo de Santa Rita de Casia de La Pintana, un primero medio del INBA, y un sexto de Draper Intermediate (Texas, EEUU). El desafío de hacer simultáneamente clase a tres cursos de diferentes niveles (con estudiantes de diferentes edades), de diferentes países, y de diferentes idiomas, fue un desafío muy estimulante y enriquecedor. La clase fue transmitida en vivo

por video streaming y fue observada por decenas de docentes y expertos en una reunión APEC de que se realizaba en Lima, Perú.

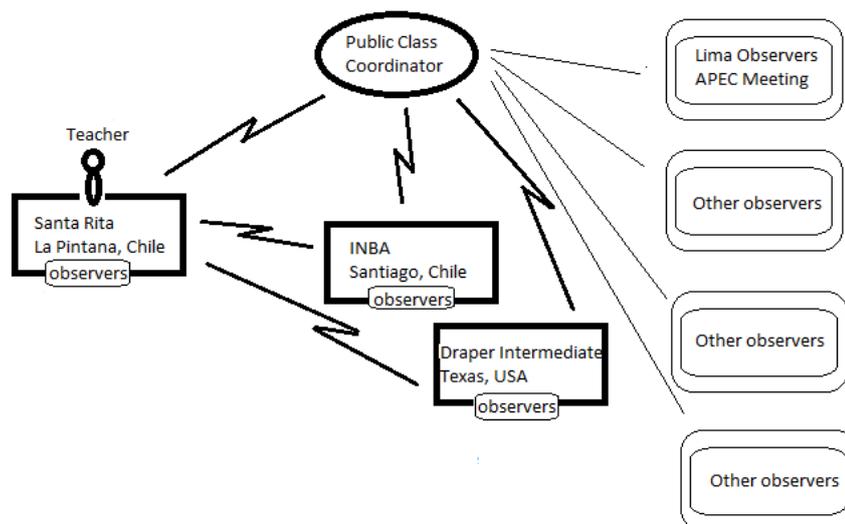


Figura 3: El docente realizó la clase en la Escuela Santa Rita con estudiantes presenciales, y con estudiantes conectados por Skype en INBA y Draper Intermediate de Texas, y recibiendo preguntas por internet que cada uno respondía en sus tablets. El coordinador comentaba y transmitía por video streaming y traducía instrucciones claves.

El impacto de la tecnología se observa en la participación de los estudiantes. Si se mide el discurso por la cantidad de palabras, se encuentra que los estudiantes produjeron el 9% del discurso registrado. Sin embargo, si se consideran también las respuestas escritas en los tablets entonces el discurso de los estudiantes pasa a ser el 66% del discurso de la clase. Este es un aumento enorme. Muestra que la participación no se pierde por tener varios cursos paralelos. La clase Cross-Border con apoyo TIC permite crear una comunidad sincronizada y con participación activa de todos.

CONCLUSIONES

Luego de esta primera experiencia piloto de Clase Pública Cross Border insertada en un proyecto APEC, estimamos que puede tener un gran impacto en el Desarrollo Profesional Docente. El uso de tecnología TIC ha sido fundamental para integrar diferentes escuelas sincrónicamente y asegurar la participación activa de cada uno de los estudiantes. Es un salto cualitativo y disruptivo a la Capacitación y Formación de docentes. Es una poderosa extensión de la centenaria tradición japonesa de estudio de Clases y Clases Públicas, que es posible con TIC de última generación. El mecanismo propuesto es un Sistema de Soporte al Desempeño del docente (Reynolds & Araya, 1995) que por una parte apoya el Desarrollo Profesional Docente durante la misma práctica docente, y, por otra parte, es una poderosa herramienta para el desarrollo de habilidades Siglo XXI de los estudiantes. Los conecta a cursos remotos con los que colaboran sincrónicamente, intercambian puntos de vista, los integra a comunidades de aprendizaje, y los acerca al mundo del trabajo que tendrán que enfrentar al terminar la escuela.

Agradecimientos: Al Proyecto APEC No: HRD 03 2015 A Textbook Development for Energy Efficiency, Energy Security and Energy Resiliency: A Cross-Border Education

Cooperation through Lesson Study, a Basal Funds for the Centers of Excellence Project FB 0003 from the Associative Research Program of CONICYT, y al Proyecto Fondef D15I10017 de CONICYT.

Referencias

- Araya, R.; Aguirre, C.; Bahamondez, M.; Calfucura, P.; Jaure, P.(2016) Social Facilitation due to online inter-classrooms Tournaments. *Lecture Notes in Computer Science*. 9891, 16-29.
- Araya, R., Jiménez, A., Bahamondez, M., Calfucura, P., Dartnell, P., & Soto-Andrade, J. (2014). Teaching modeling skills using a massively multiplayer online mathematics game. *World Wide Web*, 17(2), 213-227.
- Frey & Osborne (2013) The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation? Department of Engineering Science, University of Oxford, Oxford.
- Gamble, C.; Gowlett, J.; Dunbar, R. (2014). Thinking Big: How the Evolution of Social Life Shaped the Human Mind
- Harris, D., Sass, T.: (2008) Teacher training: teacher quality and student achievement. University of Wisconsin and Florida State University.
- Isoda (2015) Dialectic on the Problem Solving Approach: Illustrating Hermeneutics as the Ground Theory for Lesson Study in Mathematics Education. In Cho, Jung Je (Ed) Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education. Verlag: Springer.
- Isoda, M., Arcavi, A., Mena-Lorca. A. (2012). El estudio de clases japonés en matemáticas: su importancia para el mejoramiento de los aprendizajes en el escenario global, 3a ed. Valparaiso: Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Kane, T. J., & Staiger, D. O. (2008). *Estimating teacher impacts on student achievement: An experimental evaluation* (No. w14607). National Bureau of Economic Research.
- Kane et al (2007). What does certification tell us about teacher effectiveness?
- Krajcik, J. S., Codere, Susan, Dahsah, C., Bayer, R., & Mun, K.. (2014). Planning Instruction to Meet the Intent of the Next Generation Science Standards. *Journal of Science Teacher Education*.
- Labaree, D. (2010). *Someone has to fail. The Zero-Sum Game of Public Schooling*. Harvard : Harvard University Press.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*.
- National Research Council (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*.
- National Research Council (2015). *Enhancing the Effectiveness of Team Science*.
- OCDE, PISA 2012 Results: *What Students Know and Can Do Student Performance in Mathematics, Reading and Science*, Volume I.
- Office of Educational Technology (2010) *Transforming American Education. National Educational Technology Plan 2010 Learning Powered by Technology*.
- Reynolds, A. & Araya, R. (1995) *Building Multimedia Performance Support Systems*. McGraw-Hill, New York.
- Tomasello, M. (2014). *A Natural History of Human Thinking*. Harvard University Press.