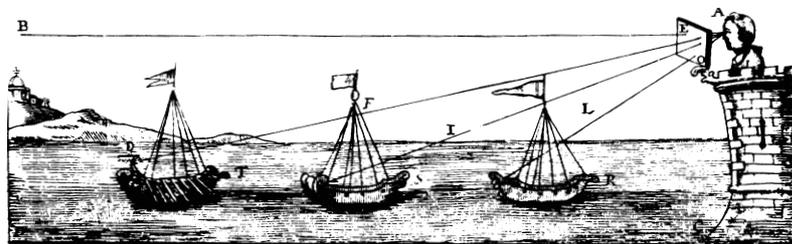


INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA



PROMOVER LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA A TRAVÉS DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC)*

LINN, MARCIA C.

University of California, Berkeley. Graduate School of Education
4611 Tolman Hall #1670. Berkeley, CA 94720-1670
mclinn@socrates.berkeley.edu

Resumen. La educación científica debe preparar a los estudiantes para analizar y evaluar los avances tecnológicos, desde el láser al genoma humano. A fin de planificar el cuidado de la propia salud o elegir una nueva residencia, los ciudadanos deben evaluar alternativas que reflejan avances tecnológicos. A medida que la ciencia y la tecnología avanzan, los ciudadanos necesitan desarrollar la capacidad de responder a nuevas alternativas y de criticar mensajes persuasivos sobre muchas cosas, desde medicamentos hasta materiales de construcción. El *Web-based Inquiry Science Environment* (WISE) ayuda a los estudiantes y diseñadores de currículo que buscan alcanzar estos objetivos. A medida que experimentamos con programas educativos para alcanzar estos objetivos, nos beneficiamos de la colaboración internacional y de la comunicación. Cuanto más podamos aprender los unos de los otros, más puede mejorar nuestra educación científica.

Palabras clave. Nuevas tecnologías, investigación sobre el aprendizaje, asociaciones.

Summary. Science education must prepare students to analyze and assess advances in technology from lasers to the human genome. To plan one's health care or select a new residence, citizens must evaluate alternatives that reflect technological advances. As science and technology advance, citizens need the ability to respond to new alternatives and to criticize persuasive messages about everything from drugs to building materials. The *Web-based Inquiry Science Environment* (WISE) supports students and curriculum designers who seek to achieve these goals. As we experiment with educational programs to meet these goals we benefit from international collaborations and communication. The more we can learn from each other the better our science education can become.

Keywords. New technologies, research on learning, partnerships.

INTRODUCCIÓN

La tecnología impregna todos los campos y juega un rol importante en las carreras científicas. Los estudiantes de hoy en día necesitan una alfabetización científica y tecnológica para tener éxito en sus vidas (Linn y Slotta, 2000). El interés internacional en tecnología y educación ofrece una oportunidad fenomenal para investigar las relaciones complejas entre estándares curriculares, diseños de cursos, prácticas de aula, mejoras tecnológicas y aprendizaje de los estudiantes. La investigación social y cognitiva reciente ofrece una visión más sutil y compleja del aprendizaje, ajustada al actual sistema educativo y a las necesidades de los ciudadanos de hoy. La investigación sobre cómo los individuos dan sentido a situaciones complejas y dilemas científicos ha provisto una perspectiva más amplia sobre la naturaleza del aprendizaje. Además, el mercado de trabajo actual requiere individuos capaces de aprender material nuevo sobre la marcha; esto supone para los investigadores el desafío de identificar los factores que disponen a los individuos a guiar y controlar su propio aprendizaje. Como campo de investigación necesitamos mejores maneras de sacar provecho de las experiencias, realizadas en escenarios complejos en todo el mundo, en las que los educadores usan innovaciones tecnológicas. Este artículo examina conjuntamente los rápidos cambios en la tecnología, los avances en el aprendizaje y los métodos para mejorar la práctica educativa.

TECNOLOGÍAS QUE CAMBIAN RÁPIDAMENTE

El creciente, rápido y cambiante rol de la tecnología requiere globalmente una respuesta ágil por parte de los individuos y de las instituciones educativas. A medida que las escuelas y las universidades implementan tecnologías educativas, descubren implicaciones tanto previsibles como inesperadas. Los intentos iniciales de usar la tecnología han arrojado luz sobre la complejidad del sistema educativo y sobre el reto de preparar a los estudiantes y a sus profesores para que usen la tecnología eficientemente.

Establecer los objetivos del aprendizaje acerca de la tecnología suscita cuestiones acerca de lo que los estudiantes deberían saber. Algunos de los que toman decisiones han formulado políticas educativas poco fructíferas, tales como preparar a los estudiantes para usar herramientas de productividad contemporáneas –por ejemplo, los procesadores de texto y las hojas de cálculo–, más que para aprender las nuevas tecnologías a medida que están disponibles. Esta decisión tiene la consecuencia no deseada de colocar a los estudiantes en la fuerza laboral con habilidades tecnológicas caídas en uso y una capacidad limitada para actualizar su comprensión. Informes nacionales recientes piden un equilibrio entre el aprendizaje de habilidades contemporáneas, de conceptos tales como la eliminación de errores (*debugging*) y de capacidades tales como el diseño de actividades potenciadas por la tecnología (Snyder et al., 1999).

Permitir que los estudiantes tengan acceso a la tecnología es otro gran reto. Las escuelas y las universidades se han enfrentado continuamente con la dificultad de ofrecer a los estudiantes suficiente acceso a la tecnología. Hoy en día, las empresas frecuentemente cuentan el número de ordenadores por empleado; un empleado promedio dispone de varios ordenadores: uno en su escritorio, otro para viajar y posiblemente un tercero para trabajar en casa. En contraste con esto, la mayor parte de las escuelas y universidades ofrecen, en el mejor de los casos, un terminal por cada grupo de cuatro a diez estudiantes (Becker, 2000). Además, cuando los estudiantes tienen acceso a ordenadores personales en sus casas, pueden pasar mucho más tiempo experimentando que sus compañeros, que sólo tienen acceso a la tecnología en las salas de ordenadores. Cuando las escuelas tienen un ordenador para cada grupo de cuatro a diez estudiantes, cada estudiante usualmente accede a un ordenador compartido por, como mucho, varias horas a la semana. En contraste, los usuarios domésticos de la tecnología a menudo pasan de dos a cinco horas al día usando su ordenador.

La disparidad en el acceso ha llevado a aquéllos que deciden a preocuparse acerca de la división digital (*digital divide*). La división digital se relaciona principalmente con el nivel económico y la edad (Becker, 2000). Quienes tienen menos recursos económicos logran, en general, un menor acceso a la tecnología. Además, los individuos mayores, cuyas experiencias educativas incluían poca o ninguna exposición a la tecnología, afrontan mayores obstáculos para iniciarse y tienen menos acceso a ella. Sin embargo, las personas mayores son el segmento de usuarios de tecnología que más crece hoy en día en los Estados Unidos.

Para empeorar las cosas, las escuelas y las universidades a menudo aceptan donaciones de los distribuidores de tecnología, para luego descubrir que no poseen los medios económicos para sacar provecho a esas donaciones. Frecuentemente, los costos del desarrollo profesional, materiales curriculares y mantenimiento de la tecnología superan los recursos financieros dedicados a comprar aparatos.

El rápido cambio en la tecnología también supone un reto para quienes están desarrollando innovaciones para la enseñanza. Crear una innovación para luego ver cómo la plataforma se vuelve obsoleta o está disponible sólo en una pequeña proporción de los ordenadores limita la oportunidad de evaluar las implicaciones educativas. El rápido cambio en la tecnología, sin embargo, también tiene un beneficio inesperado: las innovaciones ineficaces pueden ser fácilmente descartadas junto con una plataforma antigua, o mejoradas cuando se implementan en una plataforma nueva.

En los últimos veinte años, hemos llevado adelante un programa de investigación con el fin de identificar aplicaciones prometedoras de la tecnología para la enseñanza de las ciencias. Esta investigación ha culminado con

un entorno de aprendizaje que saca partido de lo que sabemos sobre cómo aprende la gente, ayuda a los que están trabajando a realizar nuevos proyectos (Linn, núm. extra del *International Journal of Science Education*, 2000) y permite a los profesores adecuar la enseñanza a sus necesidades (Linn y Hsi, 2000). Es decir, hemos sacado provecho de las tecnologías rápidamente cambiantes para mejorar de forma continua este entorno de aprendizaje.

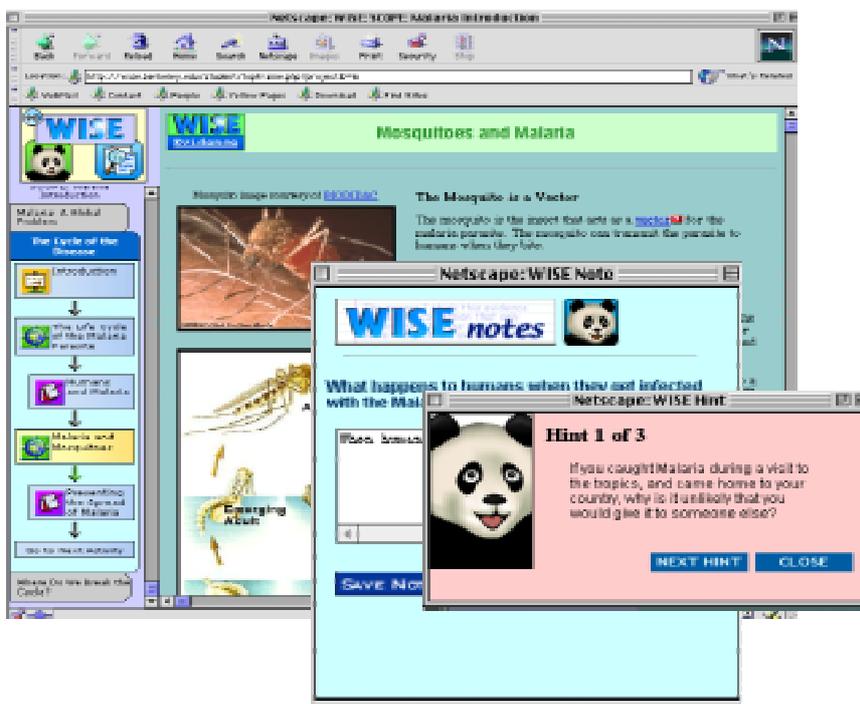
Usar la tecnología para crear entornos de aprendizaje y luego estudiar cómo los estudiantes, profesores e investigadores los aprovechan ofrece un camino prometedor para desarrollar usos mejores. Un entorno de aprendizaje puede dar información sobre resultados del trabajo en el aula y permitir comparaciones entre las distintas versiones de un proyecto. Por ejemplo, el (*Web-based Inquiry Science Environment* (WISE)), mostrado en la figura 1, puede almacenar todo lo que hace en un servidor central y guardar registro del trabajo de los estudiantes y de las respuestas de los profesores. Usando el WISE, los profesores pueden conocer la cantidad de tiempo que los estudiantes usan en una determinada lección, guiar su progreso incluyendo evaluaciones

(*embedded assessments*) y modificar o adaptar el currículo basándose en sus experiencias. Los profesores lo pueden modificar todo, introduciendo desde glosarios con definiciones detalladas de los términos usados en nuevas lecciones hasta ejemplos diseñados para ilustrar ideas complejas que pueden o no conectar con las experiencias previas y las creencias de los estudiantes a los cuales enseñan. Como consecuencia, los profesores pueden analizar sus propias mejoras en el proceso de la enseñanza. También pueden llevar adelante estudios de sus propias prácticas, incluyendo aquéllos que observan variaciones en el tiempo usado en diferentes subareas de una actividad así como aquéllos sobre las formas de retroalimentación o las experiencias a las que acceden sus estudiantes.

Las evaluaciones incluidas en el entorno, tales como las anotaciones o dibujos de los estudiantes, recogen el aprendizaje en la acción (*learning-in-the making*). La evaluación tradicional a menudo mide el rendimiento de los estudiantes sólo después de que termina la enseñanza. En cambio dichas evaluaciones ayudan a los profesores a entender cómo los estudiantes construyen y favorecen su propio aprendizaje, y sugieren modificaciones a

Figura 1

En el entorno de aprendizaje del WISE, los estudiantes navegan usando el mapa de investigación (ventana de atrás, marco de la izquierda). Cada paso en el mapa conecta con el nuevo contenido en la ventana de la derecha o con una nota de reflexión del WISE (ventana del medio). Los estudiantes siempre pueden pedir una ayuda a Amanda la Panda (ventana del frente), que les da pistas en forma de preguntas, para enfocar el trabajo o plantear retos.



la enseñanza dirigidas a los enigmas, retos, dificultades y motivaciones específicos de los estudiantes.

En suma, las tecnologías rápidamente cambiantes ofrecen tanto oportunidades como frustraciones. La tecnología puede potenciar la alfabetización científica y tecnológica, permitiendo a los profesores y a los estudiantes ganar experiencia con las ideas y capacidades esenciales para el futuro éxito personal y laboral. Pero, al mismo tiempo, los esfuerzos preliminares para mejorar la enseñanza con la tecnología generan frustraciones. A menudo, los estudiantes aprenden habilidades anacrónicas y los profesores sienten que podrían usar el tiempo más eficientemente.

Por otro lado, muchas de estas experiencias no son difundidas. La línea de investigación se beneficiará si podemos construir más eficazmente sobre las innovaciones y las experiencias de los otros. Este artículo invita a la cooperación internacional para identificar maneras efectivas de usar y adaptar materiales de enseñanza a fin de sacar partido de la tecnología en educación, específicamente en el área de ciencias.

NUEVAS PERSPECTIVAS SOBRE EL APRENDIZAJE Y LA ENSEÑANZA

Un segundo factor importante en el uso efectivo de la tecnología para la educación se relaciona con el creciente conocimiento sobre cómo se producen el aprendizaje y la enseñanza. En los últimos veinte años, avances sustanciales en la comprensión del aprendizaje de las ciencias han dado como resultado recomendaciones más detalladas para el diseño de la enseñanza (Linn et al., 1996; Bransford et al., 1999). Los métodos de investigación que proporcionan una descripción más precisa y detallada del aprendizaje de los estudiantes y de su respuesta a la enseñanza han puesto de manifiesto que aprender es un proceso muy complejo, así como los aspectos que pueden ayudar a facilitar y mejorar la enseñanza. Por ejemplo, el entorno WISE libera a los profesores de cuestiones triviales y les permite concentrarse en guiar a los estudiantes individualmente.

La visión intuitiva de que la enseñanza tiene éxito cuando los estudiantes leen o escuchan las ideas de los expertos ha dado paso a la visión más matizada de que los estudiantes consideran activamente la nueva información a la luz de sus ideas preexistentes y buscan patrones y abstracciones, a menudo basados en observaciones personales. Desde esta segunda perspectiva, la enseñanza, más que enseñar cada tema, crea aprendices de por vida.

Un creciente número de investigaciones revela que, en el área de ciencias, los estudiantes mantienen múltiples visiones sobre un mismo fenómeno en lugar de privilegiar las explicaciones de los textos o las sostenidas por los expertos (Linn y Hsi, 2000). Los aprendices organizan, integran, seleccionan, consideran y reconectan las ideas nuevas y las previas. En algunos casos, los estu-

diantes simplemente añaden las nuevas ideas y aumentan su repertorio de perspectivas sobre una situación. En otros casos, los estudiantes pasan tiempo reconciliando diversas opiniones y desarrollando una descripción coherente de los fenómenos.

Estudiar el aprendizaje en los ambientes complejos en los que tiene lugar ha generado la imagen de un aprendiz que maneja un amplio espectro de ideas diferentes sobre un mismo fenómeno científico. Así, los estudiantes pueden pensar, por una parte, que el calor y la temperatura son lo mismo. Puede que basen esta idea en el uso intercambiable de estos dos conceptos cuando la gente dice, por ejemplo, «subir el calor» o «subir la temperatura». Por otra parte, los estudiantes pueden creer que el calor y la temperatura son diferentes y que el calor se refiere a la parte más alta de la escala de temperatura. Finalmente, los estudiantes pueden creer que el calor y la temperatura son medidos con unidades distintas: calorías y grados centígrados o Fahrenheit o por medios distintos. Nos referimos a esta característica del aprendizaje como a un *repertorio* de creencias sobre los fenómenos científicos.

Los científicos, como los ciudadanos, tienen un repertorio de creencias sobre los fenómenos científicos. Así, frecuentemente sostienen visiones sobre temas como termodinámica, electricidad o mecánica en múltiples niveles de análisis, que incluyen el descriptivo, el fenomenológico, el discontinuo, el macroscópico, el microscópico y el situacional. Por ejemplo, cuando entrevistamos a químicos y físicos sobre la naturaleza del calor y la temperatura, a menudo remiten a un modelo microscópico, así como a un modelo macroscópico de flujo del calor y a un modelo fenomenológico basado en cómo se sienten los objetos al tacto. Mientras que los expertos desarrollan la capacidad de resolver la coexistencia de estas diversas perspectivas sobre el calor y la temperatura por medio de una explicación coherente, los estudiantes a menudo quedan satisfechos con una visión que incluye ideas desconectadas.

Dada esta perspectiva sobre la naturaleza del aprendizaje de las ciencias, los profesores no deberían sorprenderse cuando los estudiantes simplemente incorporan una nueva idea enseñada pero creen que sólo se aplica en el aula. Hemos observado estudiantes, por ejemplo, que afirman que «los objetos en movimiento permanecen en movimiento en la clase de ciencias, pero ciertamente se detienen en el patio de juegos o en el campo de fútbol».

Un objetivo importante de la enseñanza de las ciencias es agregar, a este repertorio de perspectivas sobre los fenómenos científicos, ideas que fomenten la integración del conocimiento. Igualmente importante, sin embargo, es apoyar el proceso de organizar, estructurar, seleccionar, y dar sentido a un conjunto de perspectivas diversas sobre un fenómeno científico, proceso que nosotros llamamos *integración del conocimiento*.

Lo deseable sería que las actividades didácticas y los ambientes de aprendizaje apoyaran el proceso de integración del conocimiento y ayudaran a los estudiantes a

desarrollar una perspectiva coherente sobre las situaciones científicas. Además, la enseñanza debería desarrollar en los aprendices una tendencia a involucrarse en el proceso de seleccionar, organizar, reorganizar y revisar ideas, situándolos en un camino de aprender ciencias a lo largo de toda su vida. Nuestra visión de la integración del conocimiento tiene aspectos interpretativos, culturales e intencionales (Linn, en prensa; Linn, Davis y Bell, en prensa; Linn y Hsi, 2000).

Al comprender la naturaleza interpretativa, cultural e intencionada del aprendiz, penetramos en el desarrollo de la comprensión científica y podemos usar esta información para diseñar una enseñanza eficaz.

Los aprendices *interpretan* sus observaciones, experiencias e interacciones con el mundo basándose en experiencias previas y en un conjunto de creencias sobre la naturaleza del aprendizaje. Cuando los individuos observan, por ejemplo, que los metales se sienten más fríos que la madera a temperatura ambiente, interpretan este hecho basándose en lo que saben acerca del sentido del tacto, esto es, que las cosas que se sienten a una temperatura diferente de la propia transfieren esta temperatura. Así, algunos estudiantes concluyen que, como los metales se sienten fríos a temperatura ambiente, tienen la propiedad de ser capaces de impartir frío a otros objetos.

Una gran cantidad de estudios de investigación ha caracterizado lo que se ha dado en llamar *visiones intuitivas, concepciones erróneas, ideas alternativas o preconcep-tos* (Pfund y Duit, 1991; Novak, 1995; Linn y Eylon, 2000). En algunas perspectivas sobre el aprendiz, estas visiones alternativas son candidatas para la erradicación. Sin embargo, nuestra idea de la integración del conocimiento sugiere que estas visiones alternativas son logros intelectuales valiosos que anuncian la capacidad de integrar experiencias diversas. Cuando los estudiantes interpretan fenómenos de manera que contradicen las normas científicas, están mostrando entusiasmo intelectual, no terquedad. Aprovechar este esfuerzo intelectual ayudará a los individuos a transformarse en aprendices sobre la marcha (*just-in-time*) y de por vida.

Los aprendices interpretan sus experiencias a través de una lente *cultural*. Las normas, estándares y prácticas sobre la ciencia impregnan sus experiencias culturales. Las nuevas descripciones de los avances científicos y sus implicaciones a menudo reflejan la perspectiva de que la ciencia es controvertida, y que los científicos discuten. En contraste, los estudiantes también se encuentran con libros de texto que pintan el conocimiento científico como estático y establecido. Además, los alumnos pueden encontrar compañeros y profesores que retratan la ciencia como racional y lógica, así como otras personas que la pintan como arbitraria, impenetrable o mágica. Muchos estudios de investigación han puesto en evidencia que más ciudadanos creen en la astrología que en la astronomía. Las terapias médicas alternativas atraen miles de millones de dólares anualmente. Así, es poco probable que los estudiantes se encuentren con una única perspectiva monolítica sobre la naturaleza de la ciencia. Más bien desarrollarán probablemente un repertorio de

creencias ajustado a su repertorio de ideas sobre los fenómenos científicos (Bell y Linn, 2001).

La naturaleza cultural del aprendizaje surge de la comunidad en la que los estudiantes viven. Los modelos de rol que se dan entre los compañeros aventajados y los adultos tienen un impacto poderoso en las percepciones de los estudiantes acerca de las normas y estándares apropiados para la ciencia. Los materiales de ordenador y de internet también influyen en las creencias acerca de la naturaleza de la ciencia y pueden reforzar falsas analogías y perspectivas no normativas. Los educadores tienen la oportunidad de obtener ventaja de este ambiente cultural y diseñar la enseñanza de forma que permita a los estudiantes examinar y reflexionar acerca de perspectivas culturales alternativas sobre la naturaleza de la ciencia, y desarrollar normas compartidas para las explicaciones científicas.

Los estudiantes controlan y guían *deliberadamente* su propio aprendizaje, tomando decisiones acerca de cómo implicarse en los cursos de ciencias, en la realización de actividades científicas y en el esfuerzo que ponen al hacerlas. La naturaleza intencional del aprendizaje a menudo degenera en miedo, rechazo y disgusto por la ciencia. Gran cantidad de adultos confiesan haber olvidado toda la ciencia que han aprendido y, frecuentemente, responden a temas científicos con comentarios tales como: «no me preguntes nada» o «no sé nada de ciencias». Permitir que los estudiantes controlen y guíen su propio aprendizaje y reflexionen sobre su progreso significa afrontar estas visiones de inadecuación e incertidumbre y ayudar a los aprendices a desarrollar una sensación de capacidad intelectual junto con confianza en sus procesos de integración del conocimiento.

Con la disponibilidad de los recursos de internet, las nuevas publicaciones científicas, los museos de ciencias y los medios de comunicación masivos que se ocupan de la ciencia, surgen muchas oportunidades para involucrarse en el proceso deliberado de dar sentido a los fenómenos científicos. Pero una parte considerable del material científico sigue siendo inaccesible para los ciudadanos comunes y esto disuade a los individuos de utilizar deliberadamente el pensamiento científico, por lo que entornos de aprendizaje como el WISE pueden favorecer el aspecto intencional del aprendizaje de las ciencias mediante actividades que fomenten una valoración crítica de las fuentes científicas.

El carácter interpretativo, cultural e intencional del aprendizaje de las ciencias ha comenzado a influir en nuestra comprensión del desarrollo de la experiencia científica (Linn y Hsi, 2000; Linn, Bell y Davis, en prensa). Históricamente, Piaget (Inhelder y Piaget, 1970; Piaget, 1971) examinó las interpretaciones de los estudiantes pidiéndoles que explicaran fenómenos científicos a menudo desconocidos. Así, los estudiantes explicaban experimentos relativos a la flexión de varillas, la oscilación de péndulos, las fuerzas centrífugas, el comportamiento de las balanzas y la naturaleza de la Tierra. Estas investigaciones arrojaron luz sobre el carácter interpretativo del razonamiento científico. Piaget no prestó atención a

los aspectos culturales e intencionales de la integración del conocimiento y se concentró especialmente en el aprendizaje de los estudiantes en ausencia de enseñanza. En contraste con esto, Vygotsky (1962) observó las actividades interpretativas y culturales de los estudiantes, especialmente en el contexto de la colaboración con los compañeros y los profesores. Vygotsky descubrió el carácter cultural del aprendizaje de las ciencias, haciendo referencia a la importancia de los compañeros como modelos de rol y de ayudar a los estudiantes a controlar su propio progreso. Dewey (1901, 1915) enfatizó especialmente la naturaleza intencional del aprendiz, poniendo de relieve la tendencia de los jóvenes estudiantes a llevar adelante complejas investigaciones independientes cuando se les deja usar sus propios recursos a edades tempranas. La conceptualización que hace Dewey de los entornos de aprendizaje estimulantes, ajustados al carácter intencional de los jóvenes estudiantes, refleja esta perspectiva. Otros investigadores han examinado también estas características de los aprendices estudiando el aprendizaje intencionado (Scardamalia y Bereiter, 1991), la metacognición (Brown y Campione, 1994) y la autorregulación.

En suma, los estudiantes llegan a la clase de ciencias con unas prácticas interpretativas, culturales e intencionales establecidas y con un repertorio de creencias sobre los fenómenos científicos y sobre la naturaleza del razonamiento científico. Nuestro trabajo como enseñantes de ciencias consiste en dar forma a estos procesos para desarrollar un aprendizaje significativo, de por vida y que posibilite continuar aprendiendo.

Además de tener una perspectiva sobre el proceso de aprendizaje, necesitamos un marco para el diseño de actividades que promuevan este proceso. Nuestra investigación sobre el diseño de actividades para favorecer la integración del conocimiento se ha venido desarrollando durante los últimos veinte años y ha dado como resultado un conjunto de principios de diseño de procesos de enseñanza y un marco que hemos llamado *integración «andamiada» del conocimiento (Scaffolded Knowledge Integration)*, descrito en Linn y Hsi (2000) y Linn, Bell y Davis (en prensa).

METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN PARA EL DISEÑO DE LA ENSEÑANZA

La complejidad del ambiente actual de enseñanza y los rápidos cambios en la tecnología, combinados con nuestra comprensión más matizada y elaborada de cómo se aprende, necesitan metodologías de investigación en didáctica de las ciencias que recojan esta complejidad y nos ayuden a entender cómo puede ser orquestada para mejorar los resultados de aprendizaje. Nuestra investigación y las de otros grupos sugieren las ventajas de llevar a cabo investigaciones sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias en colaboración con expertos de todas las disciplinas relevantes para la tarea, usando metodologías adecuadas a la naturaleza del problema

y, especialmente, a la necesidad de afinar las innovaciones en los escenarios complejos en los cuales se implementan.

La investigación ajustada a la complejidad del escenario educativo y al aprendiz requiere un amplio espectro de experiencias, bien representado en lo que llamamos una *asociación (partnership)*, en la cual los individuos representan las diversas perspectivas necesarias para la mejora efectiva de la educación. Nuestra asociación, por ejemplo, incluye expertos en enseñanza en el aula, ciencias naturales, tecnología, pedagogía, política educativa, metodología, evaluación, sociología, desarrollo del niño y desarrollo profesional, cada uno de los cuales aprende de los otros participantes.

Crear asociaciones efectivas y dinámicas para guiar la investigación educativa requiere estrategias y actividades que respeten la experiencia de cada contribuyente y al mismo tiempo fomenten que la asociación negocie nuevas perspectivas y experimente con soluciones innovadoras para problemas complejos.

La mayor parte de las asociaciones relacionadas con la reforma educativa tiene como objetivo principal mejorar los resultados del aprendizaje de los estudiantes. Aunque los estudiantes no son específicamente miembros de nuestra asociación, están representados por profesores de aula, gente dedicada al desarrollo profesional y otras personas, y es su progreso el que finalmente determina nuestro éxito. Como asociación, estamos individual y colectivamente dedicados a mejorar los resultados del aprendizaje de los estudiantes, especialmente en el contexto de un aprendizaje de las ciencias de por vida. Nuestra asociación organiza periódicamente reuniones presenciales y también interactúa intensamente de manera electrónica. Nuestra página *web* da apoyo a subgrupos, o miniasociaciones, reunidos para desarrollar y probar actividades específicas (<http://wise.berkeley.edu>), así como para apoyar las actividades de toda la asociación. Invitamos a nuevos grupos a unirse a nosotros.

En los últimos veinte años, nuestra asociación ha desarrollado actividades que fomentan la investigación educativa eficaz. Nuestro objetivo general está en la línea de las actividades dentro de otras ciencias de diseño como la medicina, la ingeniería, la arquitectura o la manufactura. Diseñamos innovaciones usando lo mejor de las capacidades de la asociación, y después las evaluamos en una variedad de escenarios complejos, usando metodologías de evaluación desarrolladas conjuntamente con la innovación. La asociación conduce el funcionamiento de la innovación en estos escenarios complejos y utiliza los resultados de los ensayos para mejorarla. Este proceso de mejora constante conduce a unos mejores resultados del aprendizaje de los estudiantes y también a abstracciones e intuiciones que guían desarrollos futuros. Hemos resumido los primeros quince años de nuestro programa de investigación en una serie de principios de diseño recogidos en *Ordenadores, profesores, pares (Computers, teachers, peers)*, Linn y Hsi, (2000). Continuamos mejorando estos principios e invitando a

otros grupos de investigación a que trabajen con nosotros para crear una base de datos de resultados de investigación, características innovadoras de enseñanza y principios de diseño (<http://wise.berkeley.edu>; <http://scope.educ.washington.edu>; <http://scale.soe.berkeley.edu>).

Para llevar a cabo este proceso de mejora constante, nuestra asociación ha desarrollado una serie de actividades de promoción de la investigación. Hemos creado instrumentos de enseñanza tales como el entorno de aprendizaje WISE y los hemos perfeccionado como resultado del análisis de experiencias de aula. Por ejemplo, nuestra asociación realiza lo que pueden denominarse *reuniones de corrección (grading parties)*, para evaluar conjuntamente el trabajo de los estudiantes y formular estándares de rendimiento. Los miembros del grupo leen los trabajos de los estudiantes y establecen criterios de corrección. La reunión de corrección permite al grupo reafirmar su percepción de la naturaleza de la integración del conocimiento y comunicar a los recién llegados las normas y estándares para evaluar el rendimiento de los estudiantes. En una reunión de corrección, el grupo se pone de acuerdo sobre la calificación de las diversas respuestas de los estudiantes obtenidas en pretests, evaluaciones incluidas a lo largo del proceso de enseñanza y postests, y también analiza la comprensión de los estudiantes.

Los resultados de la reunión de corrección, así como las observaciones de clase, las intuiciones del profesor y las experiencias con otras innovaciones similares, ayudan al grupo a evaluar cada actividad. Una discusión de rediseño de una actividad normalmente tiene lugar en una reunión de la asociación que inicialmente creó la actividad. Esta asociación usualmente revisa toda la información y hace recomendaciones para la revisión de actividades basadas en los resultados de investigación. Los encuentros de revisión de actividades a menudo tienen lugar varias veces durante el ensayo de una actividad en el aula. Frecuentemente, estas sesiones de rediseño son iniciadas por el profesor que está a cargo del aula, que ha identificado problemas que necesitan solución inmediata. Por ejemplo, en una de nuestras asociaciones, encontramos que los estudiantes no estaban integrando ideas sobre la fotosíntesis, y trabajamos con nuestros científicos asociados para desarrollar nuevas actividades (Linn y Williams, en preparación). Encontramos que las nuevas actividades ayudaron a los estudiantes a integrar mucho más sus ideas.

La asociación participa en una actividad importante, llamada *revisión del diseño*, que se realiza después de que se ha desarrollado un proyecto pero antes de que se lo use por primera vez en el aula. Los proyectos presentados para su uso en el aula se exponen en una reunión de la asociación o son revisados por medio de un conjunto de criterios desarrollados por la asociación. En cualquiera de los dos casos, los evaluadores analizan la adecuación del proyecto para cumplir sus objetivos. Este proceso de revisión de actividades conlleva que la asociación establezca normas y criterios para actividades de investigación eficaces. Estas normas y criterios emergen de la

experiencia de la asociación con ensayos de proyectos en escenarios de clase complejos. Por ejemplo, la asociación ha desarrollado una serie de iconos y actividades para el mapa de investigación mostrado en la figura 1, con el fin de mostrar cómo funciona el proceso en múltiples proyectos.

Las actividades de nuestra asociación permiten a los miembros del grupo construir sobre la experiencia de los otros e incluyen el análisis del contenido científico apropiado para un nivel educativo dado. El grupo desarrolla representaciones del contenido científico que permiten que los estudiantes lo utilicen para comprender las ideas. Por ejemplo, Muilenberg (Linn y Muilenberg, 1996), conjuntamente con la asociación, desarrolló una representación de las conexiones entre el flujo de calor y la teoría cinético-molecular, y discutió esta idea con el grupo.

Nuestra asociación permite a los miembros individuales especializarse en su propia área de investigación además de contribuir con su propia experiencia en el grupo. Así, cada investigador sigue un programa de investigación independiente que se relaciona tanto con el grupo como con su propio proyecto.

Las estructuras de las actividades en la asociación dan apoyo al programa de investigación global y a los proyectos independientes de los participantes. Los investigadores pueden investigar un determinado tema, una cuestión cognitiva, una cuestión social o un problema de evaluación y contribuir con sus resultados al grupo. Las actividades que contribuyen al éxito tanto de los individuos como del grupo incluyen una revisión periódica de cada programa de investigación, el desarrollo de perspectivas teóricas conjuntas sobre el aprendizaje y la enseñanza, y la construcción de mecanismos de colaboración para la investigación que tengan credibilidad para los miembros de la asociación y puedan ser usados en los diferentes contextos que los individuos están investigando.

Para responder a la complejidad de la tarea educativa, necesitamos metodologías y prácticas de investigación que se ajusten a los problemas que afrontamos. Las asociaciones son particularmente efectivas para afrontar las complejidades de la educación en la práctica. Las asociaciones en las cuales los individuos se especializan y, por lo tanto, obtienen reconocimiento por sus contribuciones individuales, por un lado consiguen el objetivo de satisfacer las complejas necesidades de investigación del campo y, por otro, hacen frente al reto de asegurar que los investigadores reciban crédito y respeto por sus proyectos individuales.

Campos tales como la física de altas energías y la genética humana ya han desarrollado metodologías para investigar a partir de la asociación de distintos grupos y obtiene recompensas individuales y colectivas. En el campo de la educación, esta estructura está emergiendo, y tenemos la oportunidad de desarrollarla y adecuarla a nuestras necesidades específicas de investigación.

CONCLUSIONES

Las nuevas tecnologías presentan grandes retos, frustraciones y recompensas. El rápido cambio en la tecnología nos permite refinar continuamente las innovaciones y supone para los profesores el desafío de preparar a los aprendices para nuevas oportunidades. Los avances en la comprensión del aprendizaje y la enseñanza guían el diseño de entornos de aprendizaje y sugieren preguntas de investigación prometedoras. Las nuevas metodologías adecuadas a la complejidad del sistema educativo pueden sacar partido de la experiencia diversa que es necesaria para mejorar la enseñanza y apoyar un proceso de mejora continua.

Trabajando como una comunidad internacional, podemos construir una visión más amplia y coherente de las innovaciones educativas y crear con la tecnología soluciones más robustas. Las actuales tecnologías para la enseñanza requerirán ciclos regulares de ensayo y refinamiento con el fin de alcanzar todo su potencial. Ciertamente, tanto los profesores como los estudiantes necesitarán una alfabetización científica y tecnológica

para tener éxito como ciudadanos. Compartiendo nuestras experiencias en congresos en todo el mundo podemos beneficiarnos todos.

NOTAS

* Este material está basado en investigaciones financiadas por la National Science Foundation dentro de los proyectos 9873180, 9805420, 0087832 y 9720384. Las opiniones, hallazgos y conclusiones o recomendaciones expresados en este material son los de sus autores y no necesariamente reflejan la visión de la National Science Foundation.

* La autora reconoce la ayuda y el apoyo del grupo WISE, y da las gracias especialmente a Jim Slotta, quien dirige las actividades. Agradece también a Scott Hsu, David Crowell y Lisa Safley su ayuda en la preparación de este manuscrito.

* El artículo resume la ponencia presentada en el VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias (Barcelona, 12 al 15 de septiembre de 2001). Ha sido traducido del inglés por Agustín Adúriz-Bravo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELL, P. y LINN, M.C. (2001). Beliefs about science: How does science instruction contribute?, en Hofer, B.K. y Pintrich, P.R. (eds.). *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*, pp. 321-346. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- BRANSFORD, J., BROWN, A.L. y COCKING (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington: National Academy Press.
- BROWN, A.L. y CAMPIONE, J.C. (1994). Guided discovery in a community of learners, en McGilly, K. (ed.). *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice*, pp. 229-270. Cambridge: MIT Press.
- DEWEY, J. (1901). *Psychology and social practice*. Chicago: University of Chicago Press.
- DEWEY (1915). *The school and society*. Chicago: University of Chicago Press.
- INHELDER, B. y PIAGET, J. (1970). *The early growth of logic in the child; classification and seriation*. Nueva York: Humanities Press.
- LINN, M.C. (en prensa). Science education: Preparing lifelong learners, en Smelser, N.J. y Baltes, P.B. (eds.). *International encyclopedia of the social and behavioral sciences*, 3. Nueva York: Pergamon.
- LINN, M.C., DAVIS, E. y BELL, P. (en prensa). The internet as science learning partner, en *Internet environments for science education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- LINN, M.C., DAVIS, E. y EYLON, B.S. (en prensa). Science learning and instructional design, en *Internet environments for science education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- LINN, M.C. y HSI, S. (2000). *Computers, teachers, peers: Science learning partners*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- LINN, M.C. y MUILENBURG, L. (1996). Creating lifelong science learners: What models form a firm foundation? *Educational Researcher*, 25(5), pp. 18-24.
- LINN, M.C. y SLOTTA, J.D. (2000). WISE science. *Educational Leadership*, octubre, pp. 29-32.

- LINN, M.C., SONGER, N.B. y EYLON, B.S. (1996). Shifts and convergences in science learning and instruction, en Calfee, R. y Berliner, D. (eds.). *Handbook of educational psychology*, pp. 438-490. Riverside: Macmillan, Riverside.
- NOVAK, J. (1995). Concept mapping: A strategy for organizing knowledge, en Glynn, S.M. y Duit, R. (eds.). *Learning science in the schools*, pp. 229-246. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- PFUND y DUIT, R. (1991). *Students' alternative frameworks*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- PIAGET, J. (1971). *Structuralism*. Nueva York: Harper & Row.
- SCARDAMALIA, M. y BEREITER, C. (1991). Higher levels of agency for children in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media. *The Journal of the Learning Sciences*, 1, pp. 37-68.
- SCARDAMALIA, M. y BEREITER, C. (1992). An architecture for collaborative knowledge building, en De Corte, E., Linn, M.C. y Mandl, H. (eds.). *Computer based learning environments and problem solving*, 84. Berlín: Springer-Verlag.
- SCARDAMALIA, M. y BEREITER, C. (1993). Technologies for knowledge-building discourse. *Communications of the ACM*, 36(5), pp. 37-41.
- SNYDER, L., AHO, A.V. et al. (1999). *Be FIT! Being fluent with information technology*. Washington: National Academy Press.
- VYGOTSKY, L.S. (1962). *Thought and language*. Cambridge: MIT Press.