



INVENTAR *para* APRENDER

Guía práctica
para instalar
la cultura maker
en el aula

Sylvia Libow Martínez

Gary Stager

1. Historia inusualmente breve e incompleta del crear

No creo que nada conmueva tanto al ser humano como la exaltación del inventor cuando comprueba que una de sus ideas va tomando cuerpo... En ese estado, cualquiera se olvidaría de comer y dormir, de amigos y amoríos, de todo.

Nikola Tesla

Hacer cosas y después mejorarlas está en la naturaleza humana. Desde que el hombre prehistórico encendió el primer fuego planificó las primeras partidas de caza y, ya de sobremesa, talló el ciclo lunar en el fémur de bisonte que vio junto a la fogata, los seres humanos han manipulado elementos y objetos.² El cultivo, el diseño de armas para la caza y la construcción de refugios fueron las primeras manifestaciones de ingeniería. Manipular las cosas era una forma de controlar el entorno y un vehículo para el desarrollo intelectual. A lo largo de la historia, el arte y las ciencias, las manualidades y la ingeniería, el pensamiento analítico y la expresión individual han coexistido tanto en las comunidades como en la industria, la cultura, el comercio, la vida académica y en la mente de las personas creativas. A lo largo de la historia, se ha intuido que los mejores aprendizajes provienen de la experiencia directa.

Si ustedes son educadores que ofrecen oportunidades para hacer e inventar en la escuela o en el aula, sepan que están bien acompañados. Sin duda, estos son tiempos apasionantes para aprender

² *Tinker*, en inglés, significa hacer experimentos divertidos con algo, manipularlo, pero también arreglar o remendar cosas. A lo largo de este libro será traducido e interpretado como "manipular objetos, armar y desarmarlos jugando y experimentando, viendo cómo funcionan"; precisamente el lema de los makers es "Si no puedes abrirlo, no es tuyo".

haciendo. Nunca tuvimos a disposición materiales tan fascinantes y con tanto potencial para la expresión individual y la construcción del conocimiento. Y, ¿quién sabe?, tal vez el movimiento maker represente nuestra mayor esperanza para volver a la vida la educación progresista. Cuando ustedes se embarquen en una aventura personal para introducir la creación, la manipulación de objetos y la ingeniería en el aula, sepan que no están solos. Están parados sobre los hombros de gigantes –otra metáfora perdurable que no deja de ganar nueva vida desde la Edad Media–, y hay una comunidad maker, en rápido crecimiento, lista para ayudarlos.

Una lección de historia, o algo por el estilo

Leonardo da Vinci (1452-1519) fue la quintaesencia del hombre renacentista. Creativo inventor, artista, escultor, arquitecto, ingeniero, músico, matemático y anatomista, incursionó brillantemente en muchísimos otros campos. Confirmando un movimiento que había surgido con el humanismo y se había consolidado con el avance de la Modernidad, Da Vinci utilizó sus poderes de observación como la base de la ciencia, en lugar de recurrir a dogmas religiosos y educativos que eran tradición y autoridad desde la Edad Media. Muchos de sus inventos estaban adelantados a su época, e incluso algunos de sus importantes descubrimientos científicos quedaron guardados en sus apuntes de trabajo y solo se concretarían en la práctica varios siglos después. Desarrolló una actitud única y novedosa en relación con las máquinas: consideraba que, si comprendía cómo funcionaba por separado cada una de sus partes, podría modificarlas y combinarlas para mejorar las máquinas existentes o crear otras que nadie había imaginado antes. Con toda seguridad podemos decir que Leonardo fue un maker, quizá el mayor de todos los tiempos.

Héroes olvidados

El filósofo Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) causó una conmoción cuando publicó *Emilio, o De la educación*, un libro que celebraba las habilidades e inclinaciones de los niños y la importancia de permitir que se desarrollen libremente en la naturaleza. Creía que, de por sí, los individuos eran bendecidos con una bondad y capacidad (por eso mismo, se lo llamó “el inventor de la niñez”). En una época

en que lo que definía la educación de los niños era el aprendizaje memorístico y los golpes recibidos en su transcurso, la filosofía de Rousseau fue algo fuera de lo común.

Rousseau resultó fuente de inspiración para su coterráneo Johann Pestalozzi (1746-1827), quien creía que el aprendizaje era algo natural, producto de un equilibrio entre el corazón, la mente y las manos. Pestalozzi defendía la idea de criar a los niños, y puso en práctica su teoría en su Suiza natal al rescatar huérfanos abandonados como resultado de la devastación causada por Napoleón. Al igual que otro suizo que desplegaría sus estudios más de un siglo después —el también célebre e influyente Jean Piaget—, Pestalozzi estaba convencido de que el aprendizaje era producto de la actividad propia y las experiencias de primera mano de quien aprendía. Algunas de sus teorías presagiaron el desarrollo en etapas que sistematizaría Piaget, al reconocer que el aprendizaje ocurre de lo concreto a lo abstracto, de lo conocido a lo desconocido, de lo simple a lo complejo. Prefería las cosas y las acciones a las palabras. Creía que había mucho por aprender a partir de la naturaleza, el juego y la observación del mundo.

Pestalozzi fue una gran influencia para uno de sus alumnos, Friedrich Froebel (1782-1852), que se basó en las ideas de su maestro para diseñar el jardín de infantes, la primera institución educativa formal para niños pequeños. Al referirse a su sistema de enseñanza como “un jardín de niños” (*Kindergarten*), Froebel demostró gran consideración por todo lo que los niños podían aprender a partir de la interacción con el mundo natural. Plantar semillas, observar cómo crecen, cuidar las plantas y cosechar lo que estas producen constituía un laboratorio valioso para los niños pequeños. Froebel también creó objetos pensados para la estimulación, llamados “regalos” o “dones”, que permitían jugar y experimentar de diversas maneras, seguidos por actividades guiadas que se basaban en materiales (las llamó “ocupaciones”). Podemos considerar los “regalos” como los primeros juguetes educativos; de hecho, uno de sus mayores fabricantes fue la Milton Bradley Company (el germen de la actual MB), ya que los jardines de infantes se propagaban por el mundo y los padres querían que sus hijos aprendieran en casa con esos recursos. El sentido estético de Froebel también inspiró a generaciones de arquitectos y artistas, incluido Frank Lloyd Wright, cuyo hijo asistió a uno de los primeros jardines de infantes y, quizá no tan

casualmente, ya adulto inventó los troncos Lincoln, unos troncos de juguete para construir fuertes y casas.

Cuando la italiana Maria Montessori (1870-1952, la primera mujer graduada en la Facultad de Medicina de la Universidad de Roma) creó su enfoque de educación para niños pobres, adoptó muchas de las ideas de Froebel, principalmente el uso deliberado de materiales para aprender determinados conceptos. Su ideal se propone hacer de la escuela no una casa *para* los niños, sino una casa *de* los niños: ese espacio será propicio para que se desarrollen sus actividades. Allí, la maestra o el maestro no enseña en sentido estricto, sino que acompaña uno a uno a los niños en su experimentación con el material didáctico.

Jean Piaget

El psicólogo y epistemólogo suizo Jean Piaget (1896-1980) formalizó y confirmó muchas de las ideas de John Dewey, Montessori, Froebel y Pestalozzi con sus teorías del constructivismo y el desarrollo en etapas. Piaget desarrolló a lo largo de medio siglo la epistemología genética con “métodos activos que dan gran alcance a la investigación espontánea del niño o adolescente”. Esto requiere “que el estudiante aprenda, redescubra o al menos reconstruya cada nueva verdad, en lugar de simplemente recibirla” (Piaget, 1976). La teoría del aprendizaje sostenida por Piaget y sus equipos se conoció como *constructivismo*: aprender es construir el conocimiento en nuestra cabeza a partir de la experiencia, y no como resultado de recibir información que otros nos transmiten sin que pasemos por un proceso interno de construcción de sentido.

Piaget también defendía el aprendizaje interdisciplinario y exhortaba a las escuelas a crear polímatas. Esas experiencias educativas guiadas por los docentes ayudarían a los alumnos en la construcción de significado.



Tanto en la universidad como en la escuela secundaria, se necesitan docentes que realmente conozcan su materia pero que la aborden desde un punto de vista siempre interdisciplinario; es decir, que sepan cómo dar un sentido general a las estructuras que utilizan y las integren a sistemas globales que

combinen las demás disciplinas con el espíritu de la epistemología para lograr que sus alumnos siempre sean conscientes de las relaciones entre su área específica y las ciencias como un todo. Tales personas no son muy frecuentes hoy en día (Piaget, 1976).

El concepto de crear, manipular y hacer ingeniería para aprender es coherente con las teorías piagetianas. De hecho, el desempeño en sí de los alumnos será una puerta de entrada para desentrañar la lógica inherente a cada etapa o estadio del desarrollo de la inteligencia; al acompañar ese proceso de adquisición y posibilitar un marco para la experiencia directa de los niños y adolescentes, los docentes propician que ellos hagan descubrimientos: “Así, los alumnos que son mediocres en matemáticas demuestran una actitud completamente distinta cuando el problema surge de una situación concreta y está relacionado con otros intereses” (1976). Por lo demás,



cualquier alumno normal es capaz de un buen razonamiento matemático si se dirige su atención a actividades que le interesen y si de esa manera se eliminan las inhibiciones emocionales que tan frecuentemente le ocasionan un sentimiento de inferioridad en las lecciones de esta área. En la mayoría de las lecciones de matemáticas, la diferencia está en el hecho de que se pide al alumno que acepte desde fuera una disciplina enteramente organizada que puede o no entender (Piaget, 1976).

Este enfoque rechaza la noción popular de que algunos de los alumnos (o la mayoría) son malos en matemáticas, pero (más importante todavía) se refiere al aprendizaje en todas las disciplinas, como vimos recién.

Piaget recuerda a los docentes que no deben presentar a los alumnos conceptos y vocabulario organizados de antemano, sino proporcionarles un entorno de aprendizaje basado en la acción.



La abstracción es solo una suerte de ilusionismo y desviación de la mente si no constituye una etapa que corone una serie de acciones previamente concretadas. Por lo tanto, la verdadera causa del fracaso en la educación formal

es, sobre todo, el hecho de que se comienza por el lenguaje en lugar de comenzar por la acción real y concreta (Piaget, 1976).

Tiempo después, Seymour Papert, colega de Piaget, enmarcaría la preferencia de las instituciones educativas por el primer enfoque en la lucha entre el instruccionismo y el constructivismo.

John Dewey y la era progresista

El filósofo estadounidense John Dewey (1859-1952) rechazó los ideales mecanicistas y la escolarización en serie altamente reglamentada que era producto de la Revolución Industrial. Consideraba que el proceso de educación era un crecimiento continuo a lo largo de la vida, resultado de la motivación personal y resistente a factores externos, lo que más tarde se conocería como *conductismo*. Dewey escribió mucho acerca del papel crítico de la comunidad, la democracia y la experiencia en la formación del proceso educativo. Abogaba por que los estudiantes participaran de manera activa en proyectos realmente interdisciplinarios y conectados con el mundo real. Según Dewey, la educación debía preparar a los niños para resolver problemas de manera metódica a partir de la observación detallada y la experiencia previa. Creía que las escuelas debían ocuparse de las necesidades intelectuales, sociales, físicas y emocionales de cada individuo y subordinar los estándares de los adultos a las necesidades de los niños. Podemos encontrar en las palabras del propio John Dewey una guía para encarar la metodología de diseño iterativo en la actualidad:



Es parte de la responsabilidad del educador ver dos cosas a la vez: en primer lugar, que el problema nace de las condiciones de la experiencia que se vive en el presente y que está dentro del alcance de las capacidades de los alumnos; y en segundo lugar, que ocurre de manera tal que despierta en el alumno una búsqueda activa de información y producción de nuevas ideas. Los nuevos datos y las nuevas ideas obtenidas de esta manera se convierten en la base de otras experiencias en las cuales se presentan nuevos problemas. El proceso es una espiral continua (Dewey, 1938).

Los oficios como la costura, el bordado, la carpintería y la ebanistería, incluso la agricultura, la caza y la pesca han respondido a necesidades y permitido gran cantidad de pasatiempos durante miles de años. De igual modo, hay quienes cultivan su gusto por las artes plásticas, la música y la danza (ya sea practicándolas sin buscar profesionalizarse o disfrutándolas como espectadores). Desde el siglo XVII, “caballeros aficionados” incursionaron en la ciencia e hicieron importantes contribuciones al conocimiento del mundo natural. La ciencia de los *amateurs*, *dilettanti* o “eruditos de los domingos” entre la población general es más reciente, pero no por eso menos sólida. Si pensamos en el ámbito de lengua inglesa, comprobamos que la revista *Popular Science* comenzó a publicarse en 1872; *Popular Mechanics*, en 1902 y *Boy’s Life*, en 1911. Autores como Julio Verne y H. G. Wells publicaron libros populares de ciencia ficción en esa misma época: el conjunto de estos textos, y otros tantos más, acercaron las innovaciones de la Revolución Industrial a los aficionados. La exploración del mundo, de los océanos, de los cielos y las maquinarias, característica de la era que había adoptado como lema el “progreso”, despertó gran interés en la manipulación de las cosas, la experimentación y la invención en casa. Dewey no solo escribió artículos para la revista *Popular Science*, sino que también fue muy influido por las novedosas teorías evolutivas de Charles Darwin. Tal como ocurre en el actual movimiento maker, las conexiones entre las ideas, las personas y las disciplinas son complejas y prolíficas.

En la actualidad, las computadoras, los microcontroladores, el software complejo e internet permiten interacciones de los usuarios entre sí y con científicos profesionales en forma significativa. En junio de 2002, durante la Primera Conferencia Anual de Ciencia Ciudadana, Norm Stanley inició su ponencia en estos términos:



La ciencia, tal como la conocemos hoy, no sería lo que es sin el aporte de los aficionados. De hecho, no me parece demasiado osado afirmar que en gran medida el desarrollo de la ciencia básica y de lo que conocemos como método científico fue obra de aficionados. Desde los alquimistas que buscaban la piedra filosofal hasta los monjes que investigaban la naturaleza en jardines de legumbres, o los *gentlemen amateurs* del siglo XVII en adelante, todos estaban desarro-

llando el enfoque experimental-observacional-hipotético de la ciencia moderna. Es cierto, con el paso del tiempo el papel del aficionado que trabaja en forma independiente ha disminuido conforme las técnicas experimentales se volvían altamente sofisticadas. [...] A pesar de las vicisitudes, la ciencia de aficionados o recreacional todavía prospera en nuestros días (Stanley, 2002).

La astronomía de aficionados ha sido popular desde la invención del telescopio. Los juegos de química captaron la imaginación de los niños durante doscientos años (desde finales del siglo XVIII hasta finales del siglo XX, cuando de pronto unos tontos determinaron que el fuego, la química y la diversión eran demasiado peligrosos para los jóvenes).

Uno de los proveedores de juegos de química más populares del siglo XX fue A. C. Gilbert (1891-1984), un médico, medallista olímpico, inventor y vendedor experto. Gilbert fue pionero del actual kit de construcción al inventar el juego de construcción Erector en 1911.³ El Erector se diferenciaba de los demás juegos porque incluía un motor que permitía armar modelos móviles. Una publicidad agresiva dirigida a los niños varones y un argumento de ventas para los adultos prometían que jugar con el Erector reduciría los “problemas con los niños” que eran plaga en la sociedad. Esta afirmación se mostró tan persuasiva que Gilbert convenció al gobierno de los Estados Unidos de olvidarse del plan de prohibir la producción de juguetes durante la Primera Guerra Mundial. Así, Gilbert se ganó el apodo de “el hombre que salvó la Navidad” (Watson, 2002).

Además del Erector, Gilbert publicaba sus propias revistas que promocionaban las virtudes de sus productos: otros materiales de construcción, juegos de química, microscopios, trucos de magia y trenes a escala. Gilbert estaba más de cien años adelantado a la ac-

3 Meccano, sistema de construcción basado en piezas de metal reutilizables, fue creado algún tiempo antes, en 1898 en el Reino Unido. Permitía construir modelos y dispositivos mecánicos. En 2000, la firma Meccano compró Erector. Los dos sistemas continúan comercializándose.

tual locura por las medallas que se vende como la revolución educativa de hoy.



Gilbert promocionaba el Erector como un juguete de “construcción real” y creó el Instituto Gilbert de Construcción de Erector. En el Instituto cada niño podía “ganar títulos, condecoraciones, un atractivo diploma, premios valiosos y un salario en forma de membrecía gratuita”. Se otorgaban diplomas para ingenieros de primero, segundo y tercer grado, junto con un broche distintivo de fraternidad con la sigla EME (*Erector Master Engineer*, constructor experto de Erector) para los constructores expertos de tercer grado. Gilbert incluso propuso escribir una recomendación a favor del ganador dirigida a cualquier empresa en la que mencionaría su logro (Hill, s.f.).

Tinker Toys, Meccano, los troncos Lincoln, Lego y otros juegos de construcción seguirían al Erector. Todos estos juguetes sirven para construir maquetas elaboradas o formas esquemáticas, en las cuales se aprecian los mecanismos (palancas, poleas, ensamblajes, articulaciones). En la actualidad, una auténtica revolución en el diseño y la fabricación de “juguetes” para niños y niñas les permiten desplegar mayor verismo y detalle en las figuras representadas.

¡Todos a bordo!

A finales de la década de 1950, el Club de Ferromodelismo (TMRC, por sus iniciales en inglés) del MIT estaba lleno de makers que, según el periodista Steven Levy, se convirtieron en hackers autoproclamados. Estos hackers no solo incentivaron la generación de innovaciones extraordinarias en el desarrollo de hardware y software informático, sino que fueron una de las primeras comunidades de makers.

Los integrantes del TMRC se dividían en dos grupos en función de sus intereses y capacidades. El núcleo “cortante y pincel” amaba los trenes. Leían revistas ferroviarias, organizaban viajes grupales en tren y trabajaban para mejorar la gran maqueta del club. La subcomisión “señales y energía eléctrica” (S&P, por sus iniciales en inglés) se ocupaba mayormente de lo que corría debajo de la maqueta, es decir, del funcionamiento de los trenes. Cada grupo tenía un estilo característico y compartía una atención meticulosa por los detalles.

Sin embargo, representaban dos sistemas simultáneos: el arte y la ciencia del modelismo ferroviario. Estos grupos distintos reflejan las preferencias y los estilos de aprendizaje comunes que en la actualidad encontramos en las aulas.

La creciente complejidad de los cambios de rieles, trochas o señales –sumada a la búsqueda de controlar varios trenes en simultáneo– obligaba a la comisión S&P a intentar formas de repensar el equipo eléctrico; en 1955, las minutas del club pedían especial cuidado a quienes se quedaran a deshoras “hackeando” –esto es, adaptando concienzudamente circuitos o tramos de los modelos– para evitar problemas con fusibles y fases. En la década siguiente, llegó la alarma acerca de las líneas telefónicas (con distintas triquiñuelas, la comisión atribuía a otras secciones –y, todavía peor, al presupuesto de esas secciones– sus locuaces llamadas de larga distancia). Desde entonces, las obsesiones nocturnas del TMRC coincidían además con la oportunidad de usar los gigantes sistemas informáticos del MIT cuando estos quedaban ociosos. Aprender a controlar las sucesivas generaciones de computadoras y lograr que hicieran cosas para las que no estaban diseñada mejoró el modelismo ferroviario, y viceversa. La “Comisión de Requisa de Medianoche” buscaría piezas electrónicas que pudieran usarse para “hackear” la computadora central o los trenes de juguete. El software tampoco quedó exento: troyanos y demás recursos no son tan nuevos como suele creerse. Rápidamente los límites entre las búsquedas se desdibujaron.

Durante mucho tiempo, “hackear” había sido un término técnico del MIT (o, digamos, de su jerga), utilizado para hacer referencia a las bromas elaboradas por las que los alumnos del instituto habían ganado una mala reputación. Con el paso del tiempo, aquellas que alcanzaban la proeza de lograr controlar un sistema, “imbuidas de innovación, estilo y virtuosismo técnico”, se conocían prestigiosamente como *hacks* y sus autores, como *hackers* (Levy, 2010).

En 1956, el MIT puso en funcionamiento una creación suya, la computadora TX-0, para entonces muy novedosa: ya no requería programación por medio de tarjetas perforadas que se entregaban al operador de la sala de computadoras. En unas terminales equipadas con un teclado, llamadas *Flexowriters* (flexoescritores), se podía tipear y generar una cinta de papel insertable directamente en la TX-0. En lugar de requerir horas de espera, la entrega de resulta-

dos del programa informático era inmediata, lo que permitió que por primera vez alguien pudiera modificar un programa sin alejarse de la terminal de la computadora (Levy, 2010). Este nuevo nivel de interactividad elevó el techo de la informática “personal” y proyectó más allá de la estratosfera la pasión de los miembros del TMRC (para entonces, ya no estarían solos: no es difícil imaginar el efecto contagio). Los hackers harían lo que fuera para aprender más y ampliar el acceso a “la máquina”. No pasaría demasiado tiempo antes de que sus programas hicieran música, jugaran juegos y realizaran trucos informáticos nunca antes imaginados en lo que eran grandes máquinas despachadoras de contabilidad valuadas en millones de dólares. Activa hasta la década de 1980, la TX-0 se utilizó para desarrollar numerosos avances en computación, incluidos el reconocimiento del habla y de la escritura a mano. “Los hackers creen que al desarmar las cosas, entender cómo funcionaban y utilizar ese conocimiento para crear cosas nuevas y más interesantes pueden aprender lecciones fundamentales sobre los sistemas, sobre el mundo” (Levy, 2010).

Marginados en su propia institución, los hackers configuraron una cultura informática diferente de todo lo que la rodeaba, formada íntegramente con sus propios valores, héroes, leyendas y objetivos. Pronto surgió una “ética hacker”, que desafió las reglas consideradas arbitrarias y la escasez de recursos informáticos creada artificialmente. Incluía los siguientes principios:

- * El acceso a las computadoras, y a cualquier cosa que pudiera enseñarnos algo sobre cómo funciona el mundo, debe ser ilimitado y total. ¡Ríndanse siempre al imperativo empírico!
- * Desconfíen de la autoridad; promuevan la descentralización.
- * Los hackers deben ser juzgados por sus “hackeos”, no por criterios espurios tales como títulos, edad, raza o puesto.
- * Pueden crear arte y belleza con una computadora.
- * Las computadoras pueden cambiar nuestras vidas para mejor (Levy, 2010).

Estos valores son nobles, creativos e igualitarios (nada que ver con la forma en que los medios retratan a los hackers). Cincuenta años más tarde, el lema del movimiento de los makers —“Si no puedes

abrirlo, no es tuyo”– y el especial interés en aprender haciendo tiene resonancias de la temprana ética hacker del MIT.

Seymour Papert: el padre del movimiento maker

El matemático, científico informático, pionero en inteligencia artificial, psicólogo, educador, inventor, epistemólogo, activista y escritor Seymour Papert nació en 1928 en Sudáfrica. Su padre fue un entomólogo que hacía que cada tanto la familia se mudara de un lugar a otro del país. Papert cuenta que ya a sus 2 años de edad jugaba con engranajes de automóvil y atribuye a esas experiencias gran parte de su pensamiento sobre el pensamiento.



Me volví un experto en girar ruedas en mi cabeza y construir cadenas de causa y efecto: “Esta gira en este sentido para que esta otra gire en este otro sentido, para que...”. Me causaban especial placer los sistemas como el del mecanismo diferencial, que no sigue una línea simple de causalidad, ya que el movimiento del eje de transmisión puede distribuirse de distintas maneras a las dos ruedas según la resistencia que encuentre. Recuerdo como si fuera hoy mi emoción al descubrir que un sistema podía ser genuino y completamente comprensible sin ser rígidamente determinista. [...] Todas las cosas resultan accesibles si las asimilamos a nuestro repertorio de modelos. Si no nos son factibles, pueden ser dolorosamente inaccesibles. Lo que un individuo puede aprender, y cómo lo aprende, depende de los modelos que tenga a disposición (Papert, 1980).

Papert se esfuerza mucho para explicar que una experiencia específica, sin importar lo rica que sea, puede no tener el mismo efecto en otros estudiantes. Para este experto, “la idea más poderosa de todas es la idea de las ideas poderosas” (Papert, 1980). Toda su vida trabajó para crear herramientas, teorías y entornos de aprendizaje libres de coerción para inspirar a los niños a construir ideas poderosas a partir de sus propias experiencias.



Una Montessori contemporánea, si mi relato la convence, podría proponer la creación de un juego de engranajes para niños. Así, todos los niños accederían a la experiencia que yo tuve. Pero esperar eso sería no ver la esencia del relato. Yo me enamoré de los engranajes. Esto es algo que no se puede reducir puramente a términos “cognitivos”. Pasó algo muy personal, y no cabe dar por sentado que se repetirá para los demás niños exactamente de la misma manera. Mi tesis podría resumirse en estos términos: quizá las computadoras hacen aquello que los engranajes no consiguen hacer (Papert, 1980).

Cuando a finales de los años cincuenta Piaget buscó entender mejor cómo los niños construyen el conocimiento matemático, contrató a un matemático (que no era otro que Papert). Años antes, Papert tenía que escapar de Sudáfrica, donde su activismo anti-*apartheid* le había ganado reputación de disidente y la consiguiente prohibición de salir del país. Desde su niñez, el flagrante sinsentido del *apartheid* hizo que Papert se fascinara con la naturaleza del pensamiento, un interés más que propicio para su colaboración con Piaget, quien toda su vida se ocupó de temas de epistemología.

Luego de varios años de trabajo con Jean Piaget, otro gran innovador –Marvin Minsky, a quien, incluso sin saberlo, conocemos por sus aportes a la salud, la ciencia y hasta la literatura y el cine: del desarrollo de microscopios a experimentos pioneros con la realidad virtual o la asesoría al *2001* de Kubrick– invitó a Papert a unirse al plantel del MIT. En su primer día allí, Papert comenzó a experimentar con las computadoras, y a los pocos años, en colaboración con Minsky, fue pionero en trabajar en el campo de la inteligencia artificial. En 1968, el interés de Papert en el aprendizaje, la matemática y la informática lo llevó a inventar el lenguaje de programación Logo, junto con Cynthia Solomon, Wally Feurzig y otros. En una época en que pocos adultos habían visto una computadora, Papert buscaba hacerlas para niños. Sostenía que los niños debían no solo usarlas, sino acceder a la programación para hacer cosas. Con ese objetivo, desarrollaron ese lenguaje que busca potenciar el aprendizaje de ideas poderosas. En la actualidad, las versiones de Logo, incluido Scratch, continúan siendo los entornos de programación más populares para niños. “La computadora es



el Proteo de las máquinas. Su esencia es su universalidad, su poder para simular. Como puede adquirir mil formas y cumplir con mil funciones, puede resultar atractiva para mil gustos distintos” (Papert, 1980).

Pronto, Papert convirtió sus opiniones en la naturaleza problemática de la escolaridad. En *Teaching Children Thinking*, un ensayo escrito en 1968, Seymour Papert hace una audaz afirmación:



La frase “tecnología y educación” generalmente significa inventar nuevos artefactos para enseñar las cosas de siempre en una versión (apenas disfrazada) de la modalidad tradicional. Además, si los artefactos son computadoras, la enseñanza de siempre se vuelve increíblemente más cara y confinada a sus regiones más sencillas, en especial el tipo de aprendizaje por repetición en que pueden obtenerse resultados medibles al tratar a los niños como palomas en una caja de Skinner (Papert, 1972a).

Sus palabras parecen revolucionarias para 1968, pero lamentablemente perduran como una crítica perceptiva de la escolaridad actual. El movimiento maker representa un haz de luz en un mundo que con demasiada frecuencia usa las computadoras solo como parte de la facetas más endebles de la educación formal.

Hace cuatro décadas, Papert se preguntaba por qué las escuelas utilizaban las computadoras en formas tan poco imaginativas. Hoy en día podríamos parafrasearlo para preguntarnos por qué la comunidad de la “tecnología educativa” institucionalizada parece hacer gala de tal grado de ignorancia respecto de las posibilidades creadas por el movimiento maker.

En un extraordinario artículo de 1971, “Twenty Things to Do with a Computer”, Seymour Papert y Cynthia Solomon se preguntaban:



Entonces, ¿por qué las computadoras en las escuelas deberían quedar confinadas a calcular la suma de los cuadrados de los primeros veintitantos números y otros supuestos usos similares “para resolver problemas”? ¿Por qué no usarlas para generar un poco de acción? Para explicarlo no puede aducirse mejor motivo que la timidez intelectual de la comunidad educativa ante las computadoras: parece extraordinariamente reacia

a usarlas para cualquier fin que no se parezca mucho a lo que se haya enseñado en las escuelas durante los siglos anteriores (Papert y Solomon, 1971).

Movidos por esa inquietud, los creadores de Logo propusieron un uso creativo de las computadoras y de las herramientas informáticas en proyectos destinados a los niños. Entre las opciones disponibles, incluyeron la composición de música, la manipulación de títeres, la programación, la producción de películas, el modelado matemático y un servidor con otros proyectos que las escuelas adoptarían más de cuarenta años después. Papert y Solomon también defendieron la computación 1:1 y destacaron los tres puntos de inflexión analizados más adelante en este libro.



La computadora escolar debería tener muchos puertos de salida para permitirle encender y apagar las luces, activar las radiograbadoras, controlar los proyectores de diapositivas y todo tipo de máquinas pequeñas. También debería haber puertos de entrada que permitan enviar señales a la computadora.

Según lo imaginamos, es muy importante que el laboratorio de informática en la escuela tenga numerosos “puertos de controladores”, que permitan a todos los alumnos conectar cualquier dispositivo a la computadora. [...] El laboratorio contará con distintos tipos de motores, magnetos, relevadores, interruptores, etc. Con ellos, los alumnos podrán inventar y construir una infinita variedad de sistemas cibernéticos (Papert y Solomon, 1971).

En fecha tan temprana como los años setenta, Papert y sus colegas consideraban que el diseño de videojuegos era una manera de aprender los principales conceptos matemáticos. El artículo “Teaching Children to be Mathematicians vs. Teaching About Mathematics” (Papert, 1972b) continuó la tradición progresista de abogar por que los niños tengan experiencias reales en lugar de enseñarles materias. A lo largo de toda su carrera, Papert consideró coherentes con los ideales progresistas de la educación las actividades y los valores que actualmente adopta el movimiento maker.



Pasaron cien años desde que John Dewey comenzó a argumentar a favor del cambio que alejaría a las escuelas de las aulas autoritarias con nociones abstractas y las acercaría a entornos donde se aprende mediante la experimentación, la práctica y la exposición al mundo real. Por mi parte, creo que —en términos epistemológicos— la computadora vuelve mucho más accesible la visión de Dewey. También hace que esta sea más probable en su dimensión política, ya que donde Dewey solo tenía argumentos filosóficos, el actual movimiento por el cambio tiene una legión de actores. La máxima presión para el cambio será el poder de los niños (Papert, 1996b).

En varias entrevistas, Papert argumentó que la tecnología de una era anterior abonaba el terreno para que las ideas de Dewey echaran raíces en las materias de humanidades, pero resultaba irrelevante para que los niños experimentaran las ideas poderosas de matemáticas y ciencia. Como resultado, la enseñanza de ciencia y matemáticas siguió siendo tan impersonal y profesoral como había sido durante largos siglos y, sin más, reintrodujo la coerción en las escuelas que en otras áreas podían considerarse progresistas. Papert (2000) atribuyó la mayor parte de ese fracaso a lo que llamó la “aversión a las ideas” y, en menor medida, a la ausencia de tecnología informática que ofrecería oportunidades a los alumnos para tener experiencias directas de primera mano con lo que hoy en día se conoce como las materias CTIM, una sigla muy difundida para designar las materias que el gobierno y los ejecutivos de empresas valoran y quieren que enseñen las escuelas. En los últimos años, la sigla CTIM se ha difundido para describir las asignaturas consideradas necesarias para el progreso económico de los Estados Unidos y su competitividad en el mundo. Existen muchos pronunciamientos sobre mejorar la enseñanza de CTIM, sobre por qué CTIM es importante para completar la economía global y sobre por qué los niños deben estudiar las materias CTIM.



Creo que los grandes pensadores de la educación —los Dewey, Piaget, Montessori y Vigotsky— ven la misma falla en nuestro sistema educativo. Creo que las diferencias entre ellos son absolutamente menores si se las compara con la situación de apegarse al sistema tal como está. Pero a pesar

de tener la idea correcta, como Leonardo da Vinci y su avión, no contaban con la infraestructura necesaria para implementarla. Entonces, ¿vamos a seguir utilizando la nueva tecnología para implementar lo que ya estaba allí solo porque no existía la tecnología? (Papert, 2006).

A pesar de la resistencia de la escuela al cambio, Papert (1998) confiaba mucho en la habilidad de los docentes para aumentar su soltura personal y así lograr que “las ideas poderosas avanzadas se vuelvan fundamentales sin perder su poder”.

Este pionero de la inteligencia artificial desarrolló la teoría del construccionismo y escribió tres intensos libros sobre el aprendizaje con computadoras: *Desafío a la mente*, *La máquina de los niños* y *La familia conectada* (Papert, 1999a). Cada libro estaba dirigido a un público diferente: académicos, educadores y padres, respectivamente. El mensaje de hacer algo que se puede compartir para aprender de manera activa mediante la construcción es una feliz constante de los tres libros, aunque se refiriesen a temas de programación, robótica o producción de medios.

Además de su trabajo como educador y predicador de la computación educativa, la reforma escolar y el construccionismo, Papert pasó cerca de cuarenta años creando nuevos “objetos para pensar” y materiales ricos en términos informáticos. Papert y sus colegas desarrollaron incontables dialectos de Logo: los primeros kits de construcción de robótica programable con Lego. Papert fue una gran fuerza detrás de la computación 1:1 en Maine y promovió iniciativas que crearon y distribuyeron computadoras portátiles de bajo costo pensadas para los niños del mundo en desarrollo.

Durante su último proyecto de investigación institucional, Papert creó un entorno de aprendizaje alternativo diseñado íntegramente para respaldar el construccionismo dentro de una prisión juvenil. Con este proyecto el construccionismo amplió horizontes y comenzó a incluir una variedad más amplia de materiales no informáticos, por lo general combinados con computadoras, para crear guitarras clásicas, aviones ultralivianos, películas, telescopios, fotografía, hábitats de animales, publicaciones y más. El *continuum* de materiales de baja y alta tecnología permitió el aprendizaje mediante la construcción de artefactos para compartir que no suelen vincularse con la escuela.



En una situación distendida, y acompañado por Seymour Papert, un niño programa en una computadora

La educación progresista prepara su regreso

Durante un lapso breve de los años sesenta y setenta, la educación progresista resurgió en los Estados Unidos y otras economías industrializadas. La frenética carrera por la conquista del espacio, que para los Estados Unidos supuso una derrota dentro del marco de la Guerra Fría –hoy en día sigue hablándose de “crisis del *Sputnik*”– incentivó la inversión en programas empíricos de ciencia, los materiales manipulables de matemáticas estaban en boga y se multiplicaron los programas de arte en las escuelas. La preocupación de la sociedad por temas como los derechos civiles, la democracia, la guerra y la paz provocó que se intentara una escolarización menos coercitiva y que se hiciera más hincapié en la individualidad en un contexto democrático. El movimiento de las escuelas libres, de la

escuela Summerhill y la escuela infantil británica inspiró en el mundo entero una educación abierta, el uso de centros en las aulas y un aprendizaje basado en proyectos. Herbert Kohl, Jonathan Kozol, John Holt, Ivan Illich, Jerome Bruner, Lillian Weber y Vito Perrone fueron la mayor influencia para las prácticas en el aula desde John Dewey.

Tal como había ocurrido con el progresismo del período anterior, se hicieron esfuerzos para modificar el contenido curricular, combinar materias, reconfigurar la organización de la clase y evitar la segregación etaria, crear experiencias auténticas de aprendizaje conectadas con el mundo fuera de la escuela, rechazar el conductismo y resistirse a la evaluación externa. Cuando en 1983 Howard Gardner presentó su teoría de las inteligencias múltiples, reconocía lo que los buenos docentes ya sabían hacía años: la inteligencia viene en múltiples formas y los seres humanos aprenden de maneras diferentes. El aprendizaje empírico mediante el tipo de proyectos variados que proponen los makers ofrece oportunidades flexibles para que los alumnos aprendan con su propio estilo o estilos personales. Los proyectos en el aula que admiten varias estrategias de resolución de problemas son un campo fértil para la expresión de inteligencias múltiples (Gardner, 1983; Shearer, 2009).

El enfoque Reggio Emilia

En 1945, en el norte de Italia, la ciudad de Reggio Emilia decidió reconstruir su comunidad, devastada por la Segunda Guerra Mundial, invirtiendo fuertemente en la educación de los ciudadanos más jóvenes. Loris Malaguzzi y sus colegas desarrollaron este sistema municipal de centros de infantes y deambuladores, y de preescolares sobre la base de las filosofías de Dewey, Piaget, Vigotsky y otros, que situaban al niño en el centro del proceso de aprendizaje. A principios de la década de 1960, las autoridades locales dan forma oficial a este proyecto. El enfoque Reggio Emilia tiene muy en cuenta la cultura y la comunidad locales, y respeta los derechos, las necesidades, el talento y las preguntas de los niños. Las actividades educativas surgen a partir de sus intereses, y el entorno es el “tercer docente”, luego de los padres y los maestros.

Se utiliza una amplia variedad de materiales para la construcción del conocimiento y para expresar comprensión con los “cien len-

guajes de los niños”. Veremos cómo en las aulas, el atelier (taller) y la comunidad de Reggio Emilia los niños más pequeños utilizan herramientas reales para buscar la solución a problemas verdaderos. El rol principal del docente en el marco inspirado por Reggio es el de investigador, que debe entender el pensamiento de cada niño y preparar el entorno para el crecimiento intelectual natural de ese niño en particular. Probablemente no exista un modelo más consistente de aprendizaje mediante la creación, la manipulación de objetos y la ingeniería que aquel que vemos en el trabajo de nuestros colegas italianos. Carlina Rinaldi, que dirigía Reggio Children, nos permite entrever el ideario que subyace a la reinención de la escuela propuesta por esa corriente:



La palabra “proyecto” evoca la idea de un proceso dinámico, un itinerario. Tiene en cuenta los ritmos de comunicación e incorpora la importancia y el tiempo de investigación y búsqueda de los niños. La duración de un proyecto puede ser corta, mediana o larga, continua o discontinua, con pausas, interrupciones y reinicios.

La designación “plan de estudios” (y otras que están asociadas con ella, como “planificación curricular” o “planificación de las lecciones”) es inadecuada para representar las estrategias complejas y múltiples que se necesitan para sostener los procesos de construcción del conocimiento de los niños (Rinaldi, 2006).

Contamos con la bendición de cincuenta años de sabiduría, investigación y documentación del enfoque Reggio Emilia. Probablemente estemos ante el modelo de educación progresista y de construccionismo más maduro y mejor sostenido del mundo. Las lecciones de Reggio Emilia tienen implicaciones profundas para todos los niveles educativos, no solo el jardín de infantes. Como la sutileza, la belleza y la sabiduría de este enfoque podrían y deberían estudiarse toda la vida, sugerimos a los lectores de este libro buscar los recursos de Reggio Emilia que se enumeran más adelante en este texto.

La creatividad contraataca

Los fanáticos de la computación

La invención de la microcomputadora generó una explosión del interés de los fanáticos de la computación desde mediados de los años setenta hasta mediados de los años ochenta. Las actividades de estos antecesores de los *geeks* y sus clubes sociales, como el Club de Computadoras Caseras de Silicon Valley, llevaron a la invención y popularización de la computación personal. Steve Jobs y Steve Wozniak, fundadores de Apple Computer, eran miembros del Club de Computadoras Caseras. Existían otros clubes alrededor del mundo cuyo propósito era compartir conocimientos, piezas y circuitos con otros entusiastas. Algunas publicaciones periódicas de esa época, como *Byte*, *Creative Computing*, *Compute*, *Dr. Dobb's Journal* (que sigue publicándose) y *Logo Exchange*, difundían el placer de la programación informática a cientos de miles de aficionados del mundo entero. Los fanáticos plantaron las semillas para el crecimiento explosivo de Silicon Valley.

La capital de las creaciones

En 1985, Nicholas Negroponte creó junto con Jerome Wiesner, Seymour Papert y Marvin Minsky el Media Lab (laboratorio de medios) del MIT. Negroponte imaginó una convergencia de tecnología, comunicación multimedia y diseño. En la propuesta original del laboratorio, dibujó un diagrama de Venn que mostraba que la industria de la computación, la industria de los medios y el cine y la industria editorial tenían un área de intersección, que representaba sus intereses en común. Un segundo boceto mostraba que muy pronto sería imposible distinguir una industria de la otra, predicción que se hizo realidad. Según Negroponte, en el Media Lab “surgirán nuevas teorías de señales, símbolos y sistemas a partir de la fusión de la ingeniería, las ciencias sociales y las artes” (Brand, 1988). El laboratorio acogió a polímatas y se convirtió en un gran centro para experimentar entre las líneas de las disciplinas tradicionales. Reinventó la investigación y el desarrollo universitarios, y a

la vez inspiró a competidores de todo el mundo a crear sus propios laboratorios de medios.

Su espíritu lúdico convirtió al Media Lab en la incubadora de muchas de las ideas y materiales adoptados por el actual movimiento maker. Ese laboratorio de medios tiene una habilidad especial para incorporar tecnología compleja, costosa y prometedora, y volverla accesible al público general (por supuesto, de todas las edades). Los sets de Lego de robótica programable, Scratch y Makey son solo tres de los inventos del laboratorio que se han hecho populares en aulas y habitaciones de niños de todo el mundo. Otra gran creación del Media Lab es una modalidad de laboratorios para inventar: el *fablab*. Los graduados del Media Lab continúan inventando productos y compañías que alimentan el movimiento maker. En síntesis, el árbol genealógico de los makers hunde sus raíces profundas en el MIT y en Silicon Valley.

La fabricación

En su libro *Fab*, Neil Gershenfeld (2005) describió que en la próxima revolución digital los usuarios construirán las herramientas que necesitan para resolver sus propios problemas. Este docente del MIT predijo que, por el valor de la primera computadora de una escuela, pronto se podrá tener un *fablab*, una minifábrica de alta tecnología, capaz de plasmar cosas diseñadas en una computadora. En el futuro cercano, estas fábricas podrían caber en nuestro escritorio. Gershenfeld cuenta a sus lectores que Seymour Papert fue el primero en desdibujar “la línea divisoria entre juguetes y herramientas, lo que trajo aparejada una integración entre el juego y el trabajo en la tecnología, posibilitando la fabricación personal”. Gershenfeld también menciona que Papert siempre creyó que los niños debían inventar la tecnología, además de utilizarla. Para Papert, los antiguos obstáculos que no permitían que los niños construyeran sus propias computadoras suponían una “frustración” (Gershenfeld, 2007).

El curso de Gershenfeld en el MIT, “Cómo hacer casi cualquier cosa”, se volvió enormemente popular entre estudiantes de un amplio abanico de disciplinas académicas. Cuando el arte, la ciencia, la ingeniería, la ciencia informática y las manualidades se cruzan con

lo extravagante, surge una nueva era de empoderamiento personal. Uno puede diseñar una bicicleta con la forma del *Desnudo azul II* de Matisse y después enviársela por correo electrónico a su hermana en Australia (*Scientific American Frontiers: You Can Make it On Your Own*, 2003: temporada 13, cap. 9). Gershenfeld se sorprendió al enterarse de que los estudiantes con “mayores habilidades para el arte y las manualidades” eran capaces de crear sistemas completamente funcionales. También lo sorprendió que esos inventos no solo fueran sumamente personales, sino que los hubieran concretado alumnos que trabajaban por su cuenta, cuando en un contexto corporativo productos como esos solo podían ser responsabilidad de equipos. La propiedad personal de una idea puede llevar a los estudiantes a superar todas las expectativas (véase “La hipótesis de Stager” más adelante en este libro).

En *Fab*, Gershenfeld describe una cultura colaborativa que emergió durante las clases en su propio *fablab*. La descripción no es muy diferente de lo que vemos en las aulas maker de primaria y secundaria. En pocas oraciones, Gershenfeld se refiere a la colaboración, el diseño, la enseñanza, el aprendizaje y los planes de estudio en espacios de creación.



La sorpresa final fue la forma en que estos alumnos aprendieron a hacer lo que crearon: el aula resultó algo parecido a un esquema de pirámide intelectual. Así como un típico ingeniero no tendría las destrezas de diseño y de manufactura necesarias para realizar por su cuenta uno de esos proyectos, ningún plan de estudios y ningún docente podrían cubrir las necesidades de un grupo tan heterogéneo de personas y máquinas. Pero el proceso de aprendizaje estaba impulsado por la demanda de conocimientos, más que por la oferta. Cuando los alumnos dominaban una nueva capacidad –por ejemplo, el corte con chorro de agua o la programación de microcontroladores–, tenían un interés casi evangelizador de mostrar a los demás cómo hacerlo. Si necesitaban nuevas habilidades para sus proyectos, las aprendían de sus pares y, a su vez, las enseñaban a otros. En el camino, mientras avanzaban en sus trabajos, generaban y acumulaban gran cantidad de material de estudio. Esta etapa duraba cerca de un mes y luego estaban tan ocupados utilizando las herra-

mientas que no se les podía pedir que documentaran nada, pero para entonces otros habían ocupado su lugar. Este proceso puede pensarse como un modelo educativo del “justo a tiempo”, de enseñanza a pedido, antes que el modelo más tradicional de “por si acaso”, que cubre un plan de estudio fijado de antemano con la esperanza de que incluya algo que resultará útil más adelante (Gershenfeld, 2005).

Los alumnos van a aprender, inventar, enseñar, colaborar y compartir conocimientos cuando sea más conveniente para sus necesidades, intereses y estilo. La cultura maker se vuelve más inteligente cuando está ocupada haciendo cosas. Paradójicamente, es posible que la ausencia de las presiones externas de la escolarización –las evaluaciones, los planes de estudio, las lecciones y la obligación de tomar nota– sea lo que lleva a mayores logros.

El trabajo de Gershenfeld nos enseña que los objetos cotidianos pueden tener características inteligentes y que se pueden crear *fablabs* en las comunidades en desarrollo. Estos permiten a la población local satisfacer necesidades particulares, al adaptar la tecnología digital de bajo costo. Cada comunidad tiene necesidades específicas que hoy se podrían satisfacer con tecnología que ella misma invente y fabrique.

¿Yo también puedo?

Ustedes, lectores, tal vez están pensando: “Toda esa manipulación y magia con la alta tecnología puede estar bien para los profesores y los alumnos del MIT, claro, pero ¿qué tiene que ver con mi escuela?”.

La implicancia más obvia es la forma en que se usan las computadoras en el aula. Crear y fabricar para uno mismo es una clara desviación del statu quo. En lugar de entrenar a otra generación para que perfeccione las habilidades secretariales enseñándole el procesamiento de texto o taladrándola con técnicas básicas, las computadoras pueden y van a utilizarse para moldear el mundo del estudiante. Por ejemplo, en el Reino Unido ya se modificaron políticas: en 2012 el gobierno anunció que desechaba el plan de estudios de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) porque, en palabras del

secretario de Estado británico, “es dañino y aburrido”. El gobierno sugiere dejar de insistir con los conocimientos básicos y las aplicaciones de productividad –cosas que se aprenden rápidamente en forma natural– y concentrarse en la ciencia informática.

A pesar de que aún hay mucho por hacer para definir qué significa la ciencia informática para la escuela desde el jardín de infantes hasta el ciclo preuniversitario y cómo habría que cambiar la preparación de los docentes, estos cambios en los planes de estudio probablemente se extiendan a escala global.

Muchos educadores –en primer lugar Seymour Papert, Alan Kay y Cynthia Solomon en la década de 1960– reconocieron que las computadoras podían ser poderosas incubadoras de conocimientos, ya que en ellas era posible concretar ideas formales mediante la programación y la depuración informática. Aquellos educadores que se enfocaban en los resultados o que desconocían los tipos de pensamiento sofisticado que estaban experimentando sus alumnos cuestionaron de inmediato el valor de la programación en las escuelas. Otros descartaron esas herramientas, considerándolas como “solo para algunos niños”. Hoy en día, la revolución de la fabricación personal y la informática física permite que esas mismas experiencias generen productos tangibles que seguramente despierten admiración entre los adultos. Así como veinticinco años atrás la programación en Logo ganó prestigio al unirse a los ladrillos Lego para impulsar la robótica dentro del aula, actualmente los nuevos kits de herramientas de construcción dan una nueva vida al emocionante aprendizaje basado en proyectos.

Las escuelas deberían aprovechar cada oportunidad que surja para que los alumnos aprendan y expresen su conocimiento en formas nuevas y emocionantes. Las aulas necesitan reflejar el mundo en que viven sus niños y sacar provecho de las nuevas herramientas para amplificar la capacidad humana.

Los *fablabs* llegan a la escuela

Ya en 2003, Mike Eisenberg, de la Universidad de Colorado Boulder, comenzó a publicar artículos acerca del potencial de los materiales modificados por computadoras y la fabricación personal para

apoyar la enseñanza constructivista en las escuelas desde el jardín de infantes hasta el ciclo preuniversitario. “¿Por qué deberían interesarse en estos dispositivos los tecnólogos en educación? En resumen, la respuesta es que estas tecnologías nuevas pueden expandir y revigorizar enormemente las mejores tradiciones del diseño y la construcción hecha por los alumnos” (Eisenberg y Buechley, 2008).

En 2008, Paulo Blikstein, de la Universidad de Stanford, comenzó a trabajar con escuelas desde la educación inicial hasta el final de la secundaria para crear laboratorios de fabricación digital, en un proyecto llamado “FabLab@Schools”. Como parte del proyecto, construyó el primer *fablab* en una escuela educativa en los Estados Unidos y comenzó a dictar el primer curso (fuera del Media Lab del MIT) con el fin de que estudiantes de posgrado y docentes diseñaran nuevos proyectos educativos utilizando un *fablab* o espacio de creación. Blikstein dice:



Me di cuenta de que la fabricación digital tenía el potencial para ser el kit más importante de construcción, un espacio innovador en las escuelas donde los alumnos podrían hacer, construir y compartir sus creaciones de manera segura. Diseñé esos espacios para que sean agradables y neutros en términos de género, para atraer tanto a los de tipo ingeniería avanzada como a los estudiantes que solo quisieran probar un proyecto con tecnología o mejorar con fabricación digital algo que ya estaban haciendo (Blikstein, 2013).

En 2011, Blikstein dictó la primera conferencia de FabLab@School en Stanford, la cual atrajo a educadores de todo el mundo, muchos de los cuales se convirtieron posteriormente en los líderes de los primeros espacios de creación de sus propias escuelas. En el mundo hispanoparlante existen también diversas iniciativas vinculadas con los laboratorios de fabricación digital o FabLabs.

¿Qué está pasando?

En junio de 2012, dos revistas estadounidenses, *Wired* y *Make*, publicaron como nota de portada proyectos tecnológicos de verano para los niños y sus padres. Los kioscos de diarios a lo largo del

país alertaban al público general de la revolución del “manos a la obra” y de las nuevas oportunidades para el aprendizaje intergeneracional. Hacía ya algunos años que se podían encontrar artículos acerca de la fabricación personal en revistas especializadas y periódicos, pero a partir de entonces se situó a los niños en el centro de la revolución.

Desde que Gershenfeld publicó *Fab*, la disponibilidad y la gran popularidad de la fabricación personal se han disparado. Tres potencias han vuelto accesibles y alcanzables las predicciones de Gershenfeld: la informática física con Arduino, las impresoras 3D y cortadoras láser de bajo costo, y la programación. Cada una de estas innovaciones tiene implicancias profundas en la práctica en las aulas y la reforma escolar. La cada vez más extensa y accesible biblioteca de materiales impresos, incontables sitios web, las redes sociales donde los makers comparten ideas y las ferias maker del mundo entero apoyan este cambio.

La revista trimestral *Make* es como la Biblia de Gutenberg para la floreciente comunidad maker. Dale Dougherty (fundador y editor de *Make*) y Mark Frauenfelder (editor en jefe) fueron los primeros en percibir cómo aumentaban el entusiasmo y la participación en la intersección de las manualidades, la ingeniería, la ciencia informática y lo extravagante. Pensemos en *Make* como la combinación que surge cuando *Popular Mechanics* se cruza con la ciencia informática y la fabricación. Sus páginas encantan a los lectores con proyectos que incluyen programación, robótica, exploración espacial *amateur*, guitarras fabricadas con cajas de habanos y viejas videograbadoras transformadas en comederos automáticos para gatos. La revista celebra e inspira el ingenio, la innovación y la creatividad, tal como debería hacerlo la escuela. Ninguna biblioteca escolar está completa sin una suscripción a *Make*.

Cuando el uso de la soldadora, la construcción de prototipos, las horas de programación y los inventos vuelven a ser un horizonte para la vida de los niños, aparecen proyectos extraordinarios. Arduino es un microcontrolador programable de código abierto y de bajo costo (entre veinticinco y treinta dólares, aproximadamente) que permite construir robots y máquinas “inteligentes” de diversa sofisticación a partir de juguetes rotos, piezas electrónicas y sensores cada vez más elaborados. Arduino incorpora funcionalidades continuamente, mientras su precio se mantiene estable o incluso desciende. Es el



controlador estándar de robótica que usan tanto la industria como los aficionados. Es parte de la caja de herramientas de los niños en la escuela.

Las variantes de Arduino, como el LilyPad, extienden la caja de herramientas de los alumnos a los textiles electrónicos, o e-textiles, es decir, computadoras que se pueden usar como parte de la ropa. El LilyPad Arduino incluye botones, sensores, luces y elementos sonoros que se vuelven parte de las prendas y las “esculturas blandas” al coser los circuitos con hilo conductor. Ahora la camiseta de la escuela puede contener un patrón de luces danzantes y se pueden encender señales direccionales en la espalda del suéter de un niño cuando anda en bicicleta. Las bibliotecas de códigos para Arduino se comparten en línea en forma gratuita, lo cual permite a los estudiantes descargar un programa similar a lo que necesitan y luego modificarlo con sus especificaciones personales. Leer y “remixar” el programa informático de otra persona es una forma sofisticada de alfabetismo que hoy en día los alumnos necesitan.

Las impresoras 3D y las cortadoras de precisión están haciéndose cada vez más accesibles. Estas máquinas de escritorio permiten que un usuario diseñe un objeto en la computadora con un software cada vez más sencillo y luego imprimir o cortar el objeto real. Los niños ven la posibilidad de imprimir sus propios juguetes, herramientas y modelos con cierta actitud desabrida que describe el adagio de Alan Kay según el cual “tecnología es todo aquello que no existía cuando uno nació”.

Durante la primavera de 2012, la feria maker del área de la bahía de San Francisco, organizada por la revista *Make*, reunió a más de cien mil niños y adultos que durante un fin de semana manipularon, ensamblaron, inventaron, se lucieron, aprendieron e hicieron cosas juntos. Además de las ferias de otoño en Nueva York y primavera en San Mateo, se incentiva a comunidades de todo el mundo a organizar sus propias mini ferias maker. Estas ferias, al igual que los espacios para hackers, los *fablabs* y los talleres tecnológicos que están apareciendo en todos los puntos cardinales y tienen acceso a equipamiento que quizá un individuo o una escuela aún no puedan poseer, son entornos de aprendizaje extremadamente ricos donde los novatos aprenden junto a los expertos. Sería una decisión inteligente de las escuelas crear entornos de aprendizaje similares: en la actualidad, cada vez cuentan con su propio *fablab* u organizan su propio Día del Maker.

Existe una bibliografía cada vez más nutrida para inspirar a un docente o padre que está interesado en espacios de creación compartida con los niños. Además de la revista *Make*, contamos con colecciones de libros y recursos en línea que combinan la pasión de esta generación por el ambientalismo con la electrónica, la ciencia, la ingeniería y las artes y manualidades.⁴ Los sitios web como *Makezine* e *Instructables* contienen incontables tutoriales e ideas para proyectos. “El show maker superingenioso de Sylvia” es el título de una serie de videos disponibles en línea hechos por una alumna de escuela primaria que comparte sus conocimientos y su amor por hacer y fabricar con personas de todas las edades que quieran aprender. Existen millones de proyectos hechos con Scratch, diseñados y programados por niños y compartidos en línea. Las comunidades en línea son los nuevos gremios, donde el acceso a la experiencia, a mentores y a grupos de afinidad está a un clic del mouse de distancia.

Incluso podríamos considerar la popularidad de la televisión de los *reality* como una expresión de nuestro deseo de hacer cosas y vivir auténticas experiencias de aprendizaje con expertos. Si uno quiere aprender a construir una casa rodante, bailar el minué, hornear un *soufflé* o ser un consumado borrachín, campeón de todos los fracasos, siempre existe un experto del que puede aprender, aunque sea pantalla mediante. La necesidad primaria de los seres humanos de ser creativos está estallando en miles de formas culturales. Al mismo tiempo, demasiadas escuelas reprimen la individualidad y la expresión personal.

La comunidad maker está acercando nuevamente a la vida de los niños formas de artesanías y trabajos manuales de larga tradición. Se puede tejer una bufanda inteligente, reciclar una montaña de cacharros para hacer un robot subacuático o construir una extraordinaria maquinita de videojuegos de cartón, tal como hizo un niño de 9 años, Caine, en Los Ángeles. En 1988, Seymour Papert escribió acerca de la computadora como un recurso con el que se pueden hacer cosas y otras ideas poderosas. Una década después, describió

4 Entre otros, *Howtoons*, *Fifty Dangerous Things (You Should Let Your Children Do)*, *Made by Hand*. *Searching for Meaning in a Throwaway World*, *Unbored y Geek Dad/Geek Mom*. También los libros como *62 Projects to Make with a Dead Computer and Other Discarded Electronics*.



la computadora como una torta de barro. Finalmente, esta idea de la computación como algo tan a mano como un lápiz o papel maché se está volviendo real.

El *ethos* de los makers valora el aprendizaje por medio de la experiencia directa y los beneficios sociales e intelectuales que se acumulan al crear algo compartible. No solo existe una pléthora de fascinantes materiales de alta tecnología a disposición para la construcción del conocimiento de los niños, sino que la creciente popularidad de hacer cosas ha llevado a que muchas innovaciones de baja tecnología den vida al aprendizaje empírico. MakeDo es una serie de conectores y bisagras reutilizables para convertir cajas de cartón en estructuras elaboradas y objetos de juego. Sugru es un material de la era espacial que permite hacer formas o pegar dos objetos entre sí como se haría con barro, pero en veinticuatro horas se seca y se convierte en goma. Lo mejor es que la gran diversidad de nuevos materiales permite a los niños construir cosas reales, no solo maquetas.

Los niños siempre han hecho cosas: casitas de árbol, patinetas, autos sin motor, casas de muñecas, fuertes e iglús. Han aprendido socialmente gracias al juego colaborativo y la construcción al hacer presentaciones, experimentar con roles y practicar trucos de magia. La principal diferencia de nuestros días es la computación. Tal como dice Brian Silverman, “un poquito de programación puede llevarte lejos. Es como un reactor auxiliar” para resolver problemas o construir cosas apasionantes (Silverman y Kay, 2013).

El empoderamiento

A finales de los años sesenta, Seymour Papert comenzó a preguntarse: “¿La computadora programa al niño o el niño programa la computadora?”. La creciente lista de tecnologías creativas accesibles para los niños representa lo más parecido a la concreción del objetivo de empoderar a los seres humanos en esta relación cibernética. Además de la fluidez, la fabricación a escala personal, la programación y la informática física desplazan el foco del consumo pasivo hacia la creación o invención activa.

La fabricación personal es más que inventar relojes despertadores que se escapan y se esconden cuando uno presiona el botón de repetición; está revolucionando todos los campos que dependen del diseño. Atrás han quedado los días de cálculos tediosos, especulaciones, bocetos y maquetas de cartón. Ahora, uno puede hacer la cosa



real que intenta poner a prueba. Lo mejor es que han quedado atrás los días de impotencia, dependencia y consumo. Hacer y crear nos permite tomar control de nuestra vida, ser más activos y responsabilizarnos de nuestro propio aprendizaje.

Un arcoíris en las nubes

Los niños maker tienen un conjunto de destrezas y una gran confianza en sí mismos, lo que les resultará muy útil en la escuela, siempre que se dediquen a actividades interesantes, que estén a la altura de su intensidad. A pesar de la política revuelta y las presiones externas en las escuelas, el movimiento maker puede dar a los docentes una razón para ser optimistas. Todo lo relacionado con hacer es genial (y más que genial), de modo que da a esos docentes tan afines otra oportunidad para reavivar la educación progresista. Si a las autoridades educativas les gusta comprar cosas nuevas y resplandecientes, entonces tenemos muchísimas cosas por comprar que realmente amplifican el potencial de los niños. Los multimillonarios de Silicon Valley están apoyando Code.org, una organización sin fines de lucro que aboga por que los niños aprendan programación informática. En los Estados Unidos, la Asociación de Maquinaria Computacional está luchando para que se incorpore la ciencia informática al plan de estudios esencial, desde el jardín de infantes hasta el ciclo pre-universitario, y los nuevos Estándares de Ciencia para la Próxima Generación,⁵ a cargo de las Academias Nacionales de Ciencias, exige una evaluación significativa, conocimientos interdisciplinarios, indagación e ingeniería.



En el futuro, las evaluaciones de ciencia no van a hacer foco sobre la comprensión de los alumnos de las ideas centrales separadas de sus habilidades para usar las prácticas de ciencia e ingeniería. Van a evaluar los dos factores juntos, lo cual demostrará que los alumnos no solo “conocen” los conceptos científicos, sino que también pueden utilizar lo que comprenden para investigar el mundo natural mediante prácticas

5 Se refiere a los lineamientos curriculares nacionales de los Estados Unidos, que orientan a los estados y a las escuelas para definir sus programas de estudio, disponibles en <www.nextgenscience.org>.

de indagación científica o resolver problemas relevantes con las prácticas de diseño de ingeniería (Estándares de Ciencias para la Próxima Generación, 2013).

Ninguna de las experiencias propuestas en este libro ni los materiales que permiten llevarlas adelante son incompatibles con la imaginación de los niños o los tipos de experiencias de aprendizaje que la sociedad ha valorado durante mucho tiempo. Hacer y crear es una postura que sitúa al estudiante en el centro del proceso educativo y crea oportunidades que los alumnos jamás podrían haber encontrado por su cuenta. Los makers son ciudadanos seguros, competentes y curiosos en un mundo nuevo de posibilidades.

Este libro pretende ofrecer aspiraciones. Al igual que Papert, creemos en el poder del niño y sabemos que los docentes tienen la llave para liberar a los estudiantes. Los valores, las herramientas y las actividades del movimiento maker enriquecen y aceleran ese proceso.

Índice

Este libro (y esta colección)	11
<i>Melina Furman</i>	
Agradecimientos	17
Introducción	19
Panorama de los capítulos de este libro	25
<i>Los cien lenguajes</i> (por Loris Malaguzzi)	27
1. Historia inusualmente breve e incompleta del crear	29
Una lección de historia, o algo por el estilo	30
Jean Piaget	32
John Dewey y la era progresista	34
Seymour Papert: el padre del movimiento maker	40
La educación progresista prepara su regreso	46
La creatividad contraataca	49
¿Qué está pasando?	54
2. El aprendizaje	61
Constructivismo y construccionismo	61
Crear, manipular y hacer ingeniería	63
<i>La manipulación de objetos, la ingeniería y el trabajo real</i> (por Sylvia)	75
3. Pensar en pensar	77
El pensar en la escuela	78
Los modelos de diseño del mundo real	82
Los modelos de diseño para aprender	86
El mundo, modelo para armar y diseñar	89
La integración del arte	93

Superideas o cómo cambiar la educación gracias a las ideas poderosas	94
4. ¿Qué hace que un proyecto sea bueno?	97
<i>Los ocho elementos de un buen proyecto</i>	98
Las preguntas que vale la pena preguntar	100
<i>La hipótesis de Stager: una buena consigna vale más que mil palabras (por Gary)</i>	103
¿Qué es una buena consigna?	104
Cambiemos el ángulo de la mirada	105
Planificar los proyectos	106
<i>Cuatro abordajes del uso de los materiales</i>	109
Elevar nuestras expectativas: el trabajo de los estudiantes que perdura	110
Crear recuerdos	112
5. La enseñanza	115
Un mantra para quienes enseñamos: “Menos nosotros, más ellos”	116
Para que su aula empiece a centrarse más en los estudiantes, demuestren un concepto y luego pídanles que hagan algo	116
Hacer construccionismo	118
<i>Ocho ideas capitales de Seymour Papert</i>	121
Enseñar mediante ciclos de diseño iterativo	125
Frustración de labios hacia arriba o hacia abajo	131
Una enseñanza que promueve la creatividad	131
La evaluación	133
La satisfacción del docente	134
6. Crear hoy	135
Estamos mejor preparados de lo que creemos	136
<i>Composición versus consumo (por Gary)</i>	139
Usar materiales conocidos para aprender de maneras desconocidas	140
Decisiones, decisiones	142

7. Los puntos de inflexión	147
<i>Los puntos de inflexión: la fabricación, la informática física y la programación</i>	147
La fabricación	148
<i>Usar un ciclo de diseño iterativo</i>	158
<i>Para tener en cuenta</i>	159
<i>Ideas para proyectos</i>	161
<i>La fabricación y el aprendizaje</i>	164
La informática física	169
<i>Algunas definiciones útiles</i>	183
<i>Colecciones de proyectos con Arduino</i>	190
Otras opciones de informática física	190
<i>Muchísimas consignas de robótica</i>	193
La programación	196
<i>La ciencia informática (por Gary)</i>	198
<i>Matemáticas y programación de videojuegos (por Sylvia)</i>	200
<i>Más lenguajes de programación</i>	211
8. Los elementos	217
El inventario básico	217
Un feliz cambalache	225
<i>El MIT sale de compras</i>	227
<i>Tiendas en línea</i>	228
9. Preparar el entorno de aprendizaje	231
¡Ayuden o háganse a un lado!	233
Avanzar cuesta arriba	235
<i>Consejos de Irving para solucionar problemas (por Sylvia)</i>	236
Espacios y estilos aptos para todo género	237
La documentación	237
El inspirador entorno tecnológico	238
La colaboración y el trabajo en grupo	238
¡No olviden: “Menos nosotros, más ellos”!	239
<i>No sean Bob (por Sylvia)</i>	240
¿Presentaciones de modelos?	241
Volver accesible lo complejo	241
Sacar el laboratorio afuera del <i>fablab</i>	244

Diseñar un espacio de creación que propicie el ingenio (y su ingeniería)	247
Educar, respetar, cuidar, ser flexibles	252
Definir expectativas	252
<i>¡Enciéndelo! Referencias y expectativas del curso optativo (por Amy Dugré y Kristy Acero)</i>	253
Buscar inspiración en las ferias maker	254
Los espacios comunitarios	255
10. La iniciativa de los estudiantes	257
Apoyar la iniciativa de los estudiantes	258
Comprometidos y conocedores de sus capacidades	261
11. Organizar nuestro Día del Maker	263
La planificación	263
Las actividades	266
El cierre	270
<i>Ideas de proyectos para el Día del Maker</i>	271
12. Manual de retórica maker	273
<i>El poder de los niños</i>	274
Los padres y la comunidad	277
Los estudiantes	277
<i>¿Qué decir y qué no? Argumentos a favor</i>	278
<i>¿Qué decir y qué no? El delicioso arte de la refutación</i>	281
Argumentar con investigaciones	285
<i>Investigaciones sobre la fabricación y la computación física</i>	286
13. ¡Hagámoslo nosotros mismos!	289
La construcción del conocimiento moderno	290
El entorno de aprendizaje	291
La práctica	293
Los proyectos	296
14. Recursos para explorar	303
Bibliografía	339