

Fernando
Schapachnik

María Belén
Bonello

CIENCIAS *de la* COMPUTACIÓN *en la* ESCUELA

Guía para enseñar
mucho más que a programar

Índice

[Cubierta](#)

[Índice](#)

[Portada](#)

[Copyright](#)

[Este libro \(y estas colecciones\)](#)

[Dedicatoria](#)

[Agradecimientos](#)

[Introducción \(María Belén Bonello, Fernando Schapachnik\)](#)

[1. Ciencias de la Computación, algoritmos y pensamiento computacional \(María Belén Bonello, Fernando Schapachnik\)](#)

[¿Es el pensamiento computacional la nueva piedra filosofal educativa?](#)

[¿El pensamiento computacional es algo distinto a la computación?](#)

[¿Todos los problemas se pueden resolver con una computadora?](#)

Los algoritmos y los “algoritmos”

Desde temprana edad

2. Ciencias de la Computación en la escuela (María Belén Bonello, Fernando Schapachnik)

Una disciplina en construcción

¿Para qué necesitamos enseñar computación?

Qué enseñar

Cómo enseñar

Quiénes enseñan. El desafío de la formación docente

3. Una mirada sobre la historia reciente de la computación en la escuela argentina (Cecilia Martínez)

La concepción técnico-operativa

La concepción utilitaria

El enfoque integrador

El enfoque de la alfabetización digital y computacional

Reflexiones finales

4. Experiencias en educación no formal (Natalia Iocca)

Mumuki

La Tecnoteca de Villa María

5. Algunas experiencias innovadoras en el país y la región (Vanina Klinkovich)

Videoconferencias: el desafío de atravesar la pantalla

¿De qué hablamos cuando hablamos de videoconferencias?

¿Y cómo se dicta este contenido a través de una videoconferencia?

Atravesar la pantalla

¿Cómo veo los programas que hacen?

La clave del éxito: la pareja pedagógica

Adentro y afuera del aula

Cuestión de guion

Una visión de futuro

Tecnología de la información: de la construcción de un horno de barro al proyecto en computación

El desafío de la falta de equipamiento

El desafío del diseño curricular

El desafío de la formación docente

Epílogo: la experiencia en el aula y las entrevistas personales

¿Cómo fue la evolución de PLaNEA?

De cómo Ciencias de la Computación se hizo un lugar propio en el currículum del secundario neuquino

Un poco de historia

La clave del éxito: la vinculación entre escuela, universidad y gobierno

La inspiración y el diseño

Los planteos centrales y resoluciones

Obstáculos y aprendizajes

[Meninas Digitais e mais](#)

[Fundación Omar Dengo](#)

[El modelo chileno](#)

6. Desafíos pendientes en la enseñanza de las Ciencias de la Computación (María Belén Bonello, Fernando Schapachnik)

[Mayor presencia femenina](#)

[Inteligencia artificial, big data y el mundo del trabajo](#)

[Ciudadanía crítica](#)

[Espacio curricular propio en todo el país](#)

[Coronavirus](#)

Referencias

Fernando Schapachnik
María Belén Bonello
coordinadores

CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN EN LA ESCUELA

Guía para enseñar mucho más que a
programar

Participan:
Natalia Iocca
Vanina Klinkovich
Cecilia Martínez

 **siglo veintiuno**
editores

Schapachnik, Fernando
Ciencias de la Computación en la escuela / Fernando Schapachnik;
María Belén Bonello, coords.- 1ª ed.- Ciudad Autónoma de Buenos
Aires: Siglo Veintiuno Editores, 2022.

Libro digital, EPUB.- (Educación que Ladra)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-801-196-7

1. Educación. 2. Educación Tecnológica. 3. Computación. I. Bonello,
María Belén. II. Título

CDD 371.334

© 2022, Siglo Veintiuno Editores Argentina S.A.

www.sigloxxieditores.com.ar

Diseño de colección y de cubierta: Pablo Font

Ilustraciones de portadillas: Klinko

Digitalización: Departamento de Producción Editorial de Siglo XXI
Editores Argentina

Primera edición en formato digital: octubre de 2022

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

ISBN edición digital (ePub): 978-987-801-196-7

Este libro (y estas colecciones)

en lo que va corrido de eternidad
he podido observar lo siguiente:
2 + 2 no son 4
fueron 4
hoy no se sabe nada al respecto

Nicanor Parra

000000 0000 01

011010 111 001

101011 101 001

110011 0011 01

[...]

000 1 0 1 001 00 0

0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 101

0 0 0 0 01 0 0 0 0 0 00

Jacques Roubaud, "La vida, soneto"

El futuro llegó hace rato. Resulta claro que el mundo está aún en medio de una revolución digital que comenzó hace tiempo, y la palabra "revolución" parece hecha a medida: desde los aspectos hogareños, los teléfonos o televisores inteligentes, la internet de las cosas, las supercomputadoras que almacenan y procesan cantidades impensables de datos, hasta aplicaciones en la medicina, la música o el comercio, son solo algunos ejemplos de la omnipresencia de la informática en nuestra vida cotidiana. Pero eso no es todo: las computadoras están mucho más cerca de lo que pensamos, camufladas en una máquina que expende

gaseosas, en el cajero automático del banco o en el tablero de los automóviles. Por si fuera poco, la pandemia que comenzó hacia 2020 ha puesto aún más de manifiesto la necesidad -y, en muchos casos, la dependencia- que tenemos de este mundo digital.

Si bien hay muchos nombres para denominar esta multiplicidad de aspectos de la informática, es común denominarlos, en conjunto, Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), que se basan en una disciplina académica: las Ciencias de la Computación, que van desde la programación hasta el manejo de redes y sus aplicaciones. Ciencias, sí, con todo derecho y en plural, ya que abarcan mucho más que programar: allí están, por ejemplo, los algoritmos, la estructura de datos, las redes y arquitecturas de computadoras y, más allá, la robótica y la inteligencia artificial. Palabras todas con las que deberemos sentirnos cada vez más cómodos: ya no se trata de novelas de anticipación, sino de este presente que nos toca vivir.

Nuestro país cuenta con excelentes profesionales y empresas en el área, y también con investigadores de reconocido nivel académico. Sin embargo, esta tradición no parece suficiente para motivar el estudio superior de estas ciencias y, por cierto, es algo en lo que debemos trabajar. Resulta llamativo que tengamos por año alrededor de cuatro mil graduados en Ciencias de la Computación, una cantidad que de ninguna manera cubre la demanda del sector empresarial y de servicios (de acuerdo con la Cámara de Empresas de Tecnología de la Argentina, las empresas del sector podrían emplear al menos unas doce mil personas por año, y seguramente esta demanda sea creciente). Entonces, debemos promover entre los y las jóvenes aquellas carreras que ofrecen ocupación plena, entre las que se destaca la computación (además de ciertas ramas de la tecnología, la ingeniería o la geología, entre otras). Si no cuentan con suficiente información, es posible que los y las estudiantes se vuelquen hacia carreras más

tradicionales, que no necesariamente pueden ofrecer la seguridad de un empleo en el futuro. Además, según un estudio de la mismísima Fundación Sadosky que nos ofrece este texto que tenemos en las manos, históricamente las mujeres eran mayoría en las carreras de computación en la Argentina, mientras que en la actualidad representan menos del 18% de los estudiantes, un hecho que no podemos soslayar y que merece nuestra atención y esfuerzos por lograr una mayor equidad de género en el área. La oferta existe: en muchas universidades públicas y privadas se dictan carreras de Informática o Ciencias de la Computación, y también vale destacar que alrededor de un 15% de los alumnos y las alumnas de institutos superiores técnicos cursan estas tecnicaturas.

Pero más allá de la formación superior, debemos reflexionar acerca de la necesidad de que las Ciencias de la Computación estén presentes todo a lo largo de la educación obligatoria, lo que implica una importante inversión en formación docente y establecer los estándares para su dictado. Sin duda, uno de los objetivos en materia educativa es promover estas ciencias, una iniciativa que va a requerir el trabajo conjunto de todos los actores del área: docentes, investigadores y hasta el sector productivo. Debemos hacerlo: no se trata del mundo del futuro... sino del presente. Algo así decía un tal Manuel Sadosky en ¡1961!:

¿Qué y cómo debe enseñarse a los habitantes de un mundo imprevisible? Ese es el dilema de los educadores de todos los niveles en 1961, el de los maestros y profesores de los hombres que vivirán y trabajarán en el año 2000.

Y donde dice “2000” vale reemplazar por el año en curso, cualquiera sea...

Afortunadamente, vienen al rescate la Fundación Sadosky y este libro, que abarca desde la filosofía de las Ciencias de la Computación hasta su introducción en los diversos niveles educativos de la escuela. Pero no se trata solo una enumeración teórica y de buenas intenciones: nuestros autores y autoras también ofrecen ejemplos concretos de las experiencias que vienen realizando en diversas regiones del país, y también otras historias del continente que demuestran que no solo se debe, sino que se puede formar a docentes y estudiantes para esto de pensar computacionalmente.

El futuro llegó hace rato. Todo un palo, ya lo ves. No lo dejemos pasar.

“Educación que aprende” y “Ciencia que ladra” son dos colecciones que buscan saber de qué se trata el mundo de la ciencia y de la educación, que prometen preguntas antes que respuestas, curiosos antes que sabelotodos, mundos que se abren y no puertas cerradas. Los libros que comparten ambas colecciones representan un universo en el que la ciencia, la cultura y la educación se unen para que todos vivamos mejor.

Melina Furman
Diego Golombek

A quienes todos los días defienden y hacen posible la educación pública, laica y gratuita en nuestro país.

Agradecimientos

Este libro empieza por agradecerte a vos, estimada lectora o estimado lector, porque te sospecha una intención compartida: si estás leyendo estas páginas es probable que quieras entender más sobre por qué es bueno llevar al aula la enseñanza de las Ciencias de la Computación, a veces llamada “programación” o “pensamiento computacional”, términos cuya definición e interrelación exploraremos en los próximos capítulos.

Lo que nos trae hasta aquí, creemos, es principalmente una modesta pero muy útil virtud: la capacidad de contagiar entusiasmo a un montón de gente talentosa que permitió que se construya en la Argentina una comunidad alrededor de la didáctica escolar de las Ciencias de la Computación. Nuestro relato comienza en el año 2012, cuando nuestros rumbos laborales se empezaron a cruzar desde nuestras responsabilidades en los distintos ámbitos, y así nació la Iniciativa Program.AR, aún hoy vigorosa y vigente dentro de la Fundación Sadosky del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Argentina. Dentro de esa comunidad nos encontramos, nos formamos, nos potenciamos, y por qué no, nos queremos. En ella hicimos las experiencias que nos permiten hablar de los temas que toca este libro desde el camino recorrido y la experiencia práctica.

Decenas de personas pasaron y aún hoy habitan esos equipos de trabajo multidisciplinarios y apasionados. A ellas, nuestro segundo reconocimiento, por darle cuerpo con su corazón, talento y trabajo a un proyecto que actualmente llega a todo el país. Por orden cronológico aproximado:

Vanina Klinkovich, Gabriela Di Piazza, Aaron Wang, Herman Schinca, Daniela Villani, Pablo Factorovich, Federico Sawady, Fidel Martínez López, Carlos Iguarán, Alejandro Manfroni, Jaqueline Schaab, Mara Borchardt, Mariana Rodrigo, Teresa Alberto, Alfredo Sanzo, Mariana Labhart, Valeria Saieg, Franco Frizzo, Julián Dabbah, Pablo Lapenda, Javier Castrillo, Nahuel Palumbo, Lucas Alan Silvestri, Hernán Czemerinski, Tomás Caballero, Fernando Cáceres, Male Garzón, Matías Cavanagh, Tomás Villar, Xiomara Tejera, Ailén Burzachechi, César Díaz, Tomás Floxo Lodeiro, Diana López Alvas, Ezequiel Pereyra, Leidy Quinteros, Alicia Viana, Marcos Gómez, Federico Rey, Gustavo del Dago, Facundo Manini, Virginia Brassesco, Maximiliano Urso, Estefanía Miguel, Laura Ramírez, Marcos Gómez, Mariano Benet, Romina Feigin, Mara Dermi, Inés Roggi, Natalia Iocca, Gabriel Scarano, y todo el “equipo Ceibal”.

Y como ningún proyecto existe en el vacío, extendemos ese agradecimiento a todas las trabajadoras y a todos los trabajadores de la Fundación Sadosky, que le dan vida a la organización.

En esa comunidad tiene un rol destacado Cecilia Martínez, autora del capítulo 3, de quien seguimos aprendiendo todos los días.

Agradecemos también a miles de docentes de todo el país que han confiado en nuestras propuestas formativas y con – por qué no– algo de vértigo las llevaron a sus aulas enriqueciendo así la experiencia formativa de sus estudiantes.

Volviendo al entusiasmo: Santiago Ceria fue el primero en mencionar la posibilidad de que la programación llegara a las aulas, y encendió nuestros corazones. Además, nos procuró recursos para trabajar y nos defendió tanto de quienes pedían resultados prematuros como de los más escépticos. El contagio de este “virus” bueno continuó hasta que, gracias a la confianza de los entonces funcionarios Lino Baraño, Facundo Nejamkis y Cristian Asinelli, se

gestionaron fondos del Banco Latinoamericano de Desarrollo (CAF, por las iniciales de su anterior nombre), donde también contamos con el apoyo de Marisa Spina y Cecilia Llambí. Ambas acompañaron con ganas nuestras propuestas más osadas. La administración cotidiana de esos fondos estuvo a cargo de Silvia Oliver, Ramiro Svendsen y Nadia Moragas. En la génesis de esas propuestas mucho tuvo que ver Pablo Factorovich, que codirigió el equipo en la primera época. En años difíciles, desde la dirección de la Fundación Sadosky nos cobijó también Esteban Feuerstein, y desde la presidencia de la misma institución nos acompañaron durante toda su gestión Roberto Salvarezza y Daniel Filmus.

En esos primeros tiempos trabajamos, pensamos, discutimos y le pusimos mucha pasión, compromiso y kilómetros recorridos con compañeras y compañeros de otras instituciones, con quienes continuamos colaborando: Laura Penacca, Cecilia Sagol, Ana Sonsino, Constanza Necuzzi, Pablo Etcheverry, Guido Stochyk y Sol Tischik.

Teresa Lugo nos señaló que debíamos volcar nuestra atención hacia los equipos directivos y hacia el resto de la región. Ese fue el comienzo de colaboraciones que hasta hoy continúan, pero por sobre todo de una linda amistad.

Mara Borchardt, quien en la actualidad encabeza el equipo de la Iniciativa Program.AR, se sumó en el año 2013. Mara tiene una enorme capacidad de trabajo; gracias a ella hasta lo imposible ocurre de la mejor manera y también es una gran compañera, siempre atenta a todos y todas las que la rodeamos. Mara es una imprescindible.

Laura Mares es una compañera de ruta desde el comienzo de esta iniciativa. Su aporte de ideas y acompañamiento desde distintos lugares de la gestión han sido un apoyo fundamental y permanente. Su energía y humor merecen una mención aparte.

Vanina “Klinko” Klinkovich, también autora de este libro e ilustradora de sus capítulos, lideró con éxito proyectos muy

complejos y originales y, junto con Jacqueline Schaab, garantizó que nuestra comunicación fuera clara, efectiva y bella. Los manuales que citamos fueron posibles gracias a que ella y Hernán Czemerinski abordaron cabalmente el proyecto.

Muchas universidades nacionales y provinciales (más de cuarenta) fueron responsables, a lo largo de todo este tiempo, de enriquecer nuestras propuestas y hacerlas llegar a una gran cantidad de docentes a lo largo y ancho del país, transmitiendo el entusiasmo en modos que no podríamos haber soñado cuando las ideas eran apenas un borrador. Natalia Iocca, también del equipo autoral, se incorporó de manera tan reciente como fervorosa y posibilitó que gran parte de ese entramado institucional funcionara efectivamente. Martín Scasso y su equipo fueron clave para investigar de forma sistemática el funcionamiento, el impacto y las oportunidades de mejora de todo este trabajo.

Tres instituciones aliadas permitieron potenciar el alcance de nuestro trabajo. A través de Unicef participamos de la hermosa experiencia educativa que es PLaNEA, donde compartimos vivencias y aprendizajes con un amplio equipo: Cora Steinberg, Melina Furman (directora de esta colección junto con Diego Golombek y otra de nuestras “pedagogas” de cabecera), Sandra Ziegler, Cecilia Litichever, Nora Solari, Estela Soriano, Laura Pezzati, Rebeca Anijovich y María Joselevich. Con Unipe hemos emprendido el primer profesorado de Informática nacido con una visión moderna de la didáctica de las Ciencias de la Computación, que no sería posible sin el empuje y compromiso de su equipo directivo: Adrián Cannellotto, Darío Pulfer, Marisa Díaz, Carlos Rodríguez y Betina Duarte. El Plan Ceibal de Uruguay, organización señera, nos posibilitó generar una experiencia que pasó de ser nacional a transformarse en regional. Eso no hubiese sido posible sin la confianza, pero también el trabajo articulado con Magela Fuzzatti, Irene

González, Fiorella Haim, Miguel Brechner, Mauro Carballo y Emiliano Pereiro entre otros.

Destacamos al profesor Gustavo Cucuzza, quien como presidente de Adicra, la Asociación de Docentes de Informática y Computación de la Argentina, encabezó la lucha que permitió que en el año 2017 la ciudad de Buenos Aires incorporara una materia de Informática en el final de la secundaria, y sigue luchando por #LaInformáticaComoMateria en todo el país.

En octubre de 2019 el querido colega Mario Cwi nos acercó la loca propuesta de escribir un libro. Por diversos motivos no se terminó de materializar, pero este es heredero de aquel, y tiene mucho de la atenta lectura de Mario. El libro, como aquí se presenta, debemos agradecerérselo a Diego Golombek, quien nos propuso escribir para la colección. Es un honor para nosotros que un científico y divulgador de su talla considere que este tema es importante y debe llegar a todos y todas. La colección nos recibió con mucha calidez y profesionalismo, por lo cual agradecemos a nuestras editoras Raquel San Martín y Marisa García.

En los últimos años cada vez más funcionarias y funcionarios de carteras educativas nacionales y provinciales se suman, de diversas formas, a la preocupación por transformar la escuela argentina para darles lugar a las Ciencias de la Computación. En ese listado destacamos a Jaime Perczyk, Silvina Gvirtz, Laura Penacca, Adriana Puiggrós y Marisa Díaz, y a las ministras y ministros que junto con sus equipos técnicos trabajan en este tema en todo el país.

Este camino, además de política pública, comprende investigación científica rigurosa. De esta tarea participan colegas de la disciplina, como Luciana Benotti (con quién dimos los primeros pasos y una de las pioneras en hacer investigación científica en el área), Fidel Martínez López (quien siempre teoriza estos temas y realiza propuestas didácticas que incorporan esa teoría), Fernando Bordignon,

Hernán Czemerinski o Marcos Gómez, y estudiantes de doctorado como Virginia Brassesco, Herman Schinca y Alfredo Sanzo. Pero también, y eso lo agradecemos especialmente, colegas de otras áreas del conocimiento que volcaron su sabiduría, curiosidad, interés, tiempo y esfuerzo a un ámbito que al principio tal vez les resultaba ajeno, y hoy las tiene y los tiene como especialistas. Gran noticia para nuestro campo. Además de la mencionada Cecilia Martínez, destacamos en este listado a Natalia Mongelat, Emilia Echeveste, Sebastián Lipina, Andrea Goldin (querida amiga y autora de *Neurociencia en la escuela*, en esta misma colección) y Julia Hermida, digamos todo, investigadora predilecta de uno de los autores, aunque no diremos de cuál.

La lista puede parecer por demás extensa, pero siendo fervorosos creyentes de las construcciones colectivas, este modesto reconocimiento de nombrarlos y nombrarlas, muy lejos de una formalidad, es para nosotros un acto de estricta justicia.

Introducción

María Belén Bonello
Fernando Schapachnik



“Programación”, “pensamiento computacional”, “robótica”: estos términos aparecen cada vez más cerca de la escuela. Sin embargo, hasta hace poco, muchos de nosotros y nosotras ni sabíamos de su existencia. De la nada a imperativos en una fracción de segundo; y esto nos genera cierta sensación de culpa si nos sentimos afuera, si no sabemos de qué se trata, por qué o cómo enseñarlo.

Por otro lado, cada vez con mayor frecuencia surgen propuestas -a las que, genéricamente, podríamos denominar “tecnoptimistas”- que, pletóricas de reduccionismo, confían en resolver algunos de los problemas educativos (o incluso la mayoría) mediante la introducción de diversas tecnologías en la escuela: cursos masivos y abiertos por internet (Mooc, por su sigla en inglés), videotutoriales y aulas invertidas, herramientas colaborativas en línea, juegos interactivos, entre otras. Si bien, en muchos casos, se trata de experiencias enriquecedoras, las promesas de resultados desmedidos simplifican las complejidades que cualquier cambio educativo conlleva. Acordemos entonces que los discursos “tecnoptimistas” no son aquellos que proponen la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a la escuela, sino los que pregonan que su mera incorporación tendría, casi de manera milagrosa, un efecto positivo en la escolaridad. Entonces, se hace difícil para la comunidad educativa distinguir si el pensamiento computacional, la programación y la robótica constituyen

una “nueva ola” del tecnooptimismo o, por el contrario, su incorporación trae consigo aportes significativos a la compleja realidad del aula y, en particular, de las aulas de nuestro país.

Para enriquecer aún más el debate, varios actores del sistema educativo (entre ellos, el Consejo Federal de Educación a través de sus resoluciones 263/15 y 343/18) aportan marcos referenciales con respecto al rol del pensamiento computacional, la programación y la robótica en la escuela, que pueden ayudar a solidificar algunas concepciones y sentidos que están en disputa, al plasmarlos en resoluciones que los hacen parecer indiscutibles.

¿Pensamiento computacional y programación son la misma cosa? ¿Se trata de un fenómeno distinto o se inscribe en la larga lista de estas modas? ¿Aporta algún valor a la escuela? ¿Qué problemas soluciona y cuáles son sus complejidades intrínsecas?

Parte de la dificultad para responder a estas preguntas reside en la opacidad de los términos en cuestión: ¿qué significa “pensamiento computacional”? ¿Qué quiere decir exactamente “programación”, y cuál es la relación entre ambos términos?

En este libro nos proponemos dar respuesta a estos interrogantes con explicaciones simples y sin tecnicismos, con información actualizada basada en nuestra experiencia, en los aportes de diferentes especialistas y en la bibliografía nacional e internacional.

Si bien el hilo conductor es la rigurosidad fundamentada en fuentes verificables, somos conscientes de que algunos puntos aún suscitan polémica tanto en el mundo científico como en el educativo. En esos casos volcamos nuestras opiniones, que se basan en la formación y trayectoria profesionales y, principalmente, en nuestra experiencia de trabajo cotidiano desde hace varios años como parte del equipo interdisciplinario de expertas y expertos de la Iniciativa Program.AR de la Fundación Sadosky.[\[1\]](#) Allí, las