

El pensamiento computacional. Nuevos retos para la educación del siglo XXI

Computational Thinking. New challenges for 21st century education

Eduardo Coronel Díaz, Graciela Lima Silvain
Universidad Nacional de San Luis, Argentina
E-mail: educoro@hotmail.com; glimasilvain@gmail.com

Resumen

La Cuarta Revolución Industrial ha desencadenado un inédito estilo de vivir y de pensar. Como consecuencia de ello y para desafiar este escenario, las personas requieren nuevas habilidades y competencias asociadas con el denominado pensamiento computacional (PC). El presente trabajo considera la incidencia de la teoría constructivista de Piaget y los aportes de Papert como antecedentes a la propuesta desarrollada por Jeannette Wing sobre el PC; se reflexiona también sobre aspectos relativos al PC, como un concepto emergente cuya definición muestra falta de consenso. Se analizan, asimismo, el perfil de las habilidades relacionadas con el PC requeridas en el presente siglo, los enfoques pedagógicos que demandan cambios relacionados con el currículo, así como la preparación y la práctica docente, a fin de optimizar las oportunidades ofrecidas por las tecnologías en el campo educativo. Finalmente, se describen espacios y avances sobre el tema propuestos en Inglaterra, España, EE.UU., Costa Rica, Ecuador y Argentina.

Palabras clave: pensamiento computacional; habilidades; programación; TIC; currículo.

Abstract

The Fourth Industrial Revolution has triggered an unprecedented lifestyle and thinking. Consequently, and to challenge this stage, people require new skills and competencies associated with the so-called Computational Thinking (CT). This article considers the incidence of Piaget's constructivist theory and Paper's contributions as background to the proposal developed by Jeannette Wing on the (CT). It also reflects aspects related to CT, as an emerging concept whose definition shows lack of consensus. The CT related skills required in this century are also analyzed, as well as pedagogical approaches that demand changes related to the curriculum. Also, the training and teaching practice are analyzed in order to optimize the opportunities offered by technologies in the educational field. Finally, spaces and advances on the topic proposed in England, Spain, USA, Costa Rica, Ecuador and Argentina are described.

Keywords: computational thinking; skills; programming; ICT; curriculum.

Fecha de recepción: Julio 2019 • Aceptado: Octubre 2019

CORONEL DÍAZ, E. Y LIMA SILVAIN, G. (2020). El pensamiento computacional. Nuevos retos para la educación del siglo XXI *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 20 (11), pp. 115-137.

Introducción

La Cuarta Revolución Industrial es tan transformadora como sus precedentes: la automatización de la industria en el siglo XVIII (1.0), la división del trabajo y la producción en cadena de principios del siglo XX (2.0) y la revolución tecnológica de finales del siglo XX (3.0).

Las tecnologías 4.0 y la automatización digital suscitan transformaciones sustanciales de perspectivas en las relaciones sociales, laborales y económicas. La automatización no es nueva, pero está llegando a otros niveles: inteligencia artificial, internet de las cosas, big data.

Los efectos que la Cuarta Revolución desencadena en la sociedad, la cultura, la política y la economía conforman un nuevo estilo de vivir y de pensar. Por tanto, cambian sustancial y aceleradamente las habilidades y competencias que este período requiere de las personas, la sociedad y los países.

¿Cuáles son esas habilidades cruciales que exige la Cuarta Revolución? ¿Cuáles son las necesarias para una intervención efectiva en lo económico, lo social y lo cultural? ¿Cómo preparar a las nuevas generaciones para una participación plena en este nuevo escenario? ¿Cuál es y será la nueva tarea educativa?

La importancia de la tecnología como lenguaje para ampliar las capacidades de razonar, crear, expresarse y resolver problemas es motivo de acuerdo en las discusiones vigentes. Estas competencias son identificadas como estratégicas para la incorporación de las personas —particularmente, los niños— a la sociedad 4.0. El propósito no es la operación de dispositivos o herramientas de producción sino la apropiación de modos avanzados de pensar y crear asociados a la tecnología.

Varios países han acercado a niños y jóvenes al aprendizaje de la programación desde el inicio de la educación formal; incluso, algunos influyeron de manera específica en sistemas escolares de América Latina. Costa Rica se destaca no solo por la incorporación de la programación en el currículo de la escuela primaria —ya en los 80—, sino por la significación de los contenidos propuestos. Se aprendía a programar, diseñar y colaborar desde un abordaje basado en proyectos y en ideas potentes. Seymour Papert contribuyó a diseñar la propuesta.

Mientras crecía la ansiedad por mejorar la formación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (CTIM/español- STEM/inglés), Jeannette Wing (2006) convocó a considerar la importancia de una competencia esencial para participar en el siglo XXI: el pensamiento computacional (PC).

La expansión de renovadas tecnologías digitales en los sistemas educativos del mundo fue produciendo nuevos alfabetismos. El PC es uno de ellos, incluido como un complemento de otros alfabetismos mediáticos y considerado crítico para desempeñarse en la sociedad contemporánea.

Antecedentes

La propuesta constructivista de Piaget constituye un pilar en el estudio de las diversas facetas del desarrollo cognitivo humano. Concibe el aprendizaje como una reorganización de las estructuras cognitivas existentes en cada momento. Sostiene que los niños construyen activamente el conocimiento procesando la información del entorno e interpretándola de acuerdo con sus propios conocimientos, de forma que sus experiencias previas le permiten realizar nuevas construcciones mentales en nuevos contextos.

A Piaget “no le interesaba tanto lo que conoce el niño, sino cómo piensa en los problemas y en las soluciones” (Linares, 2008, 2), el niño será su centro de interés “como el precursor del adulto, se estudia el pensamiento infantil y su desarrollo como medio para comprender mejor el pensamiento científico propio del adulto.” (Villar, 2001, 6). La concepción ontogenética del constructivismo sostiene que el desarrollo cognoscitivo del sujeto parte de formas hereditarias muy elementales para continuar con un proceso de reconstrucción constante y progresivo del objeto por parte del sujeto, tratando de lograr niveles de adaptación progresivamente superiores a los anteriores. El conocimiento está unido a la acción, a las operaciones y a las transformaciones que el sujeto realiza sobre su entorno. De esta forma, la acción se transforma en el fundamento de toda actividad intelectual, desde las formas más simples a las más complejas. El origen del conocimiento radica en la interacción entre objeto y sujeto, y el aprendizaje es el resultado de un ajuste gradual entre sujeto y entorno, lo que explica el carácter constructivista de la inteligencia como un proceso continuo de momentos de equilibrio y desequilibrio.

Blikstein (2013), citado por Zapata (2015), señala que si se tuviera que trazar una línea que uniese la obra de Piaget sobre la psicología del desarrollo con las tendencias actuales de la tecnología educativa, esta línea se llamaría Papert.

Seymour Papert (1928–2016) es considerado uno de los pioneros del PC, al haber reconocido el potencial revolucionario que tenían las computadoras en la educación. Sostiene que la gran ventaja de la era digital es la posibilidad que tiene cada persona de ser enseñada a aprender, a ser la responsable de su propio conocimiento (Papert, 2002).

A mediados de la década de los 60, Papert y otros, en el Laboratorio de Inteligencia Artificial del Massachusetts Institute of Technology (MIT), tuvieron la idea primigenia de diseñar un lenguaje de programación dirigido a niños, al que denominaron Logo. Permitía programar los movimientos de una tortuga cibernética en la pantalla de un computador y fue concebido como un lenguaje de programación interactivo, modular, recursivo, amigable, progresivo y muy flexible. Proporciona un ambiente donde los propios estudiantes asumen el rol de maestros, como tales, deben planear un método para aprender, dividir el conocimiento en subtemas de menor dificultad, escribir el código que permita resolverlos, ser receptivos y saber responder proactivamente a pruebas y errores, estableciendo este nuevo conocimiento como base de otros futuros. Uno de los aspectos más interesantes de la teoría que sustenta Logo es la creatividad. Se aprende utilizándolo, jugando, aplicando la prueba y el error, explorando y descubriendo.

Si bien el término pensamiento computacional no fue utilizado por los mentores de Logo, muchas de las características que lo sustentan fueron incorporadas en este lenguaje.

Fundamentos

En la sociedad industrial la alfabetización básica era la base fundamental de la formación de los ciudadanos. En la denominada sociedad de la información se habló de un nuevo tipo de analfabetismo. Area (2009) consideraba que la alfabetización digital incorpora múltiples formas de representación y comunicación mediante el uso de instrumentos de gran potencialidad. Sostiene que el “dominio de las competencias técnicas y tecnológicas es condición necesaria, pero no suficiente, para la formación de verdaderos ciudadanos en el mundo digital en el que cada vez más se desarrolla

nuestra vida” (Area, Gutiérrez y Vidal. 2012, XIII). Una concepción sesgada de la denominada alfabetización digital derivó en una orientación inclinada al uso de aplicaciones diseñadas para fines específicos: navegadores, procesadores de texto, hojas de cálculo, presentaciones, uso de imágenes y otras relativas a la ofimática. La Fundación Sadosky (2013) considera que una buena parte de la sociedad desconoce que las ciencias de la computación no solo incluyen las habilidades ofimáticas, sino el desarrollo de habilidades y competencias intelectuales que se ganan para toda la vida y que son aplicables a todos los demás campos de estudio.

A inicios del siglo XXI emerge la idea de que es necesario que los estudiantes se involucren en el desarrollo de una serie de habilidades genéricas “no sólo en la aplicación y el uso de la tecnología digital, sino también en cómo funciona y en sus principios fundamentales” (Peyton, Mitchell y Humphreys, 2013, 1), habilidades que forman parte del denominado PC.

En 2006 Jeannete Wing, directora del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Carnegie Mellon (Pittsburg, USA), presenta un artículo en la Association for Computing Machinery donde señala que el PC “representa una actitud y un conjunto de habilidades universalmente aplicables, que todos, no sólo los científicos de la computación, estarían ansiosos de aprender y utilizar”. (Wing, 2006: 33-34). El PC se basa en los procesos informáticos ejecutados por un ser humano o una máquina e implica la solución de problemas, el diseño de sistemas y la comprensión del comportamiento humano; usa la abstracción, la fragmentación de las tareas complejas y el razonamiento heurístico para descubrir una solución. El PC es analítico y comparte habilidades con el pensamiento matemático en la forma de abordar la solución de un problema; con el pensamiento de ingeniería, en el diseño y la evaluación de un sistema grande y complejo; y con el pensamiento científico en las formas en que podemos abordar la comprensión de la computabilidad, la inteligencia, la mente y el comportamiento humano (Wing, 2008).

En forma más descriptiva, expresa que “El pensamiento computacional es el proceso de pensamiento involucrado en la formulación de un problema y la expresión de su(s) solución(es) de tal manera que una computadora –humana o máquina– puede llevar a cabo efectivamente.” (Wing, 2010, 2014, 2017). Coincidiendo con esta propuesta, Haut, Bustos y García (2015) citan una definición operativa desarrollada por la Sociedad para la Tecnología en Educación y la Asociación de Docentes en Ciencias de la Computación. Según ella, las competencias y habilidades enfocadas en la resolución de problemas se apoyan en una serie de actitudes como autoconfianza, persistencia, tolerancia, habilidad para enfrentar problemas, saber comunicarse y trabajar colaborativamente a fin de lograr una solución consensuada. De este modo, sostiene Seoane (2018), su influencia se extiende a diferentes áreas del conocimiento, tanto científicas como humanísticas. Además, agrega que el PC es una competencia emergente que se busca mejorar a través de las materias relacionadas con la informática. Sin embargo, reconoce que, a pesar de las experiencias innovadoras, subsisten algunas dificultades para definir con claridad las competencias computacionales, así como su impacto en la enseñanza de otras disciplinas y en la mejora del rendimiento académico.

Weinberg (2013) considera que la definición de PC continúa siendo emergente. Destaca dos definiciones, la primera, la de Computer Science Teachers Association (CSTA), que lo caracteriza a través de la descripción de sus seis elementos: formulación de problemas, organización y análisis de datos, representación, automatización de soluciones, implementación, generalización; y, la segunda, la ofrecida por Google’s Exploring Computational Thinking initiative,

the first large-scale program to provide an operational definition, disseminate resources, and promote discussion among K-12 educators about computational thinking. segunda, que ofrece la iniciativa Explorando el PC de Google, que Google describes a process that includes four computational thinking techniques: decomposition, pattern recognition, pattern generalization and abstraction, and algorithm design (Google, 2011). describe un proceso que incluye cuatro técnicas: descomposición, reconocimiento de patrones, generalización y abstracción de patrones, y diseño de algoritmos. Both of these definitions depict computational thinking as a series of skills and techniques that prepares a problem for computation, and conceptual parallels can be drawn between components of each definition, as seen in Table 1.

Como corolario expresamos que, a pesar de ser un concepto emergente, la mayoría de los ensayos siguen la línea primigenia propuesta por Wing. Futuras investigaciones y experiencias, probablemente, ayudarán a tener un mejor marco de referencia para los docentes en ciencias de la computación y para los diseñadores de políticas e investigadores.

Habilidades para el siglo XXI

Informes de tendencia muestran que, ante la demanda de los sistemas de producción, servicios y consumo, particularmente en el mundo desarrollado, se presenta un hecho sorprendente: “no se pueden cubrir los puestos de trabajo de ingenieros de software, desarrolladores de aplicaciones, documentalistas digitales” (Zapata, 2015: 2) por falta de profesionales, de potenciales alumnos y sobre todo por carencia de personal capacitado.

Muchos de los trabajos disponibles en 10 o 20 años aún no han sido inventados, por lo que será necesario fijar metas en educación que preparen a las nuevas generaciones en el uso de las herramientas digitales con las que convivirán diariamente. Por otra parte, la mayoría de las carreras del siglo XXI requerirán del manejo de las ciencias de la computación, como lo expresa el grupo de trabajo del CSTA.

Para que las nuevas generaciones sean capaces de afrontar la globalización, la innovación tecnológica, el envejecimiento de la población, la participación femenina en el mercado laboral, la colaboración, la migración, etc., requerirá crecer exponencialmente la capacitación brindada por los centros educativos (Pompa, 2015).

Las personas tendrán que adaptarse a los nuevos entornos y, por lo tanto, poseer habilidades que son conocidas como habilidades del siglo XXI –y entre ellas–, las tecnológicas ligadas al PC.

Con el cambio de siglo las organizaciones que comparten la necesidad de desarrollo de estas habilidades comenzaron a gestar marcos comprensivos que tratan de definir cuáles son los conceptos y las habilidades que los estudiantes deben acrecentar para tener mejores oportunidades en el sistema educativo, el mundo del trabajo y en la vida.

Un ejemplo es la Alianza para el Aprendizaje del SXXI (ATC21S/inglés) (2017), consorcio conformado por líderes educativos, políticos y empresariales de los EE.UU, que reconoce la importancia de tres grupos de habilidades básicas para incluir en la educación inicial: habilidades de aprendizaje e innovación; habilidades para la vida y la profesión; habilidades de información, medios y tecnología.

- Habilidades de aprendizaje e innovación. Preparan para la complejidad creciente de la vida y los ambientes de trabajo. Son las más mencionadas cuando se habla del tema y se hace referencia a ellas como las 4C: creatividad e innovación, pensamiento crítico y resolución de problemas, comunicación y colaboración.
- Habilidades para la vida y la profesión. Tienen una naturaleza social y emocional, permiten navegar la complejidad de los ambientes que transitamos. Estas habilidades son flexibilidad y adaptabilidad, iniciativa e independencia, aptitudes sociales e interculturales, productividad, liderazgo y responsabilidad.
- Habilidades vinculadas a la información, los medios y la tecnología. Son propias de los ambientes donde vivimos, afectados hoy por las tecnologías y el acceso a la copiosa información. Estas habilidades se refieren a las alfabetizaciones informacionales, en medios y mundo digital.

El Informe El futuro de los empleos del Foro Económico Mundial (Foro Económico Mundial, 2016) expresa que las revoluciones industriales anteriores tomaron décadas en construir a gran escala los sistemas de capacitación para el desarrollo de nuevas habilidades. La causa fue el cambio brusco producido en los conjuntos de habilidades existentes. Actualmente, la innovación sin precedentes de las tecnologías propias de la Cuarta Revolución Industrial provoca una escala de disrupción muy superior. Como consecuencia, el contenido curricular de diferentes campos académicos queda obsoleto cuando el estudiante se gradúa y provoca una carencia de actualización de la fuerza laboral existente.

También advierte anticipadamente que alrededor de un 36 % de los trabajos futuros requerirán de las habilidades aludidas, además de otras que se desconocen por no estar presentes en los trabajos actuales. Frente al gran incremento del poder de cómputo, la capacidad de trabajar con datos en crecimiento exponencial y tomar decisiones con base en ellos se convertirá en una habilidad cada vez más importante para muchas familias de empleos.

Tabla 1: Core work-related skills

Abilities	Basic Skills	Cross-functional Skills	
Cognitive Abilities <ul style="list-style-type: none"> » Cognitive Flexibility » Creativity » Logical Reasoning » Problem Sensitivity » Mathematical Reasoning » Visualization 	Content Skills <ul style="list-style-type: none"> » Active Learning » Oral Expression » Reading Comprehension » Written Expression » ICT Literacy 	Social Skills <ul style="list-style-type: none"> » Coordinating with Others » Emotional Intelligence » Negotiation » Persuasion » Service Orientation » Training and Teaching Others 	Resource Management Skills <ul style="list-style-type: none"> » Management of Financial Resources » Management of Material Resources » People Management » Time Management
Physical Abilities <ul style="list-style-type: none"> » Physical Strength » Manual Dexterity and Precision 	Process Skills <ul style="list-style-type: none"> » Active Listening » Critical Thinking » Monitoring Self and Others 	Systems Skills <ul style="list-style-type: none"> » Judgement and Decision-making » Systems Analysis 	Technical Skills <ul style="list-style-type: none"> » Equipment Maintenance and Repair » Equipment Operation and Control » Programming » Quality Control » Technology and User Experience Design » Troubleshooting
		Complex Problem Solving Skills <ul style="list-style-type: none"> » Complex Problem Solving 	

Fuente: Foro Económico Mundial (2016) The Future of Jobs, Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution, P. 21

Al dirigir el interés específicamente hacia el PC —objeto de atención creciente en educación— se evidencia un subconjunto de conceptos y habilidades centrales que surgen en la literatura de manera recursiva. Bocconi, Chioccariello, Dettori, Ferrari, Engelhardt (2016) señalan la existencia de una diversidad de habilidades del PC (o pensamiento algorítmico) emergentes. Estas habilidades fueron seleccionadas por ser frecuentemente citadas, por informar sobre otros estudios y proporcionar diversas perspectivas.

Tabla 2: Computational Thinking. Concepts and skills in the literature

Barr & Stephenson, 2011	Lee et al., 2011	Grover & Pea, 2013	Selby & Woollard, 2013	Angeli et al., 2016
Abstraction	Abstraction	Abstractions and pattern generalizations	Abstraction	Abstraction
Algorithms & procedures		Algorithmic notions of flow of control	Algorithmic thinking	Algorithms (including Sequencing and Flow of control)
Automation	Automation			
	Analysis			
		Conditional logic		
Problem Decomposition		Structured problem decomposition (modularizing)	Decomposition	Decomposition
		Debugging and systematic error detection		Debugging
		Efficiency and performance constraints	Evaluation	
			Generalizations	Generalization
		Iterative, recursive, and parallel thinking		
Parallelization				
Simulation				
		Symbol systems and representations		
		Systematic processing of information		

Fuente: Bocconi, et.al. (2016), Developing Computational Thinking in Compulsory Education. Implications for policy and practice, P. 17

Los conceptos y habilidades descritos anteriormente se encuentran estrechamente ligados a la concepción del PC de Wing, quien propone abordar los problemas utilizando el potencial de la computación con (o sin) ayuda de las computadoras.

Por su significación —según criterio de los autores de este ensayo— se reseña en párrafos siguientes el contenido de habilidades esenciales del PC.

- **Abstracción:** proceso para la realización de un artefacto más comprensible a través de la reducción de los detalles innecesarios. Para Wing (2010), la abstracción es el proceso más importante y de alto nivel en el PC. Se usa para definir patrones, generalizar a partir de instancias y parametrizar.
- **Información:** incluida por Zapotecatl (2014) como otra habilidad propia del PC, cuando el sujeto es capaz de analizar datos primarios, organizarlos, relacionarlos de forma significativa en un contexto y representarlos para ser transformados en conocimiento nuevo y útil.
- **Pensamiento algorítmico:** secuencia ordenada de operaciones que permiten llegar a la solución de

un problema. Para Wing (2010:1) “es una abstracción de un proceso que toma entradas, ejecuta una secuencia de pasos y produce salidas para satisfacer un objetivo deseado”. Si tomamos en cuenta que un problema puede ser resuelto de varias maneras, entonces existirán múltiples algoritmos para su solución.

- Automatización: cuando un algoritmo contempla un conjunto de tareas repetitivas se las puede automatizar a través de un programa ejecutado por un ordenador.
- Análisis: estudio de un sujeto, objeto, problema o situación que se realiza dividiéndolo en partes más pequeñas con el fin de conocerlo a profundidad. Está ligado con la recursividad.
- Pensamiento recursivo: cuando los problemas presentan algún tipo de complejidad, con ayuda del análisis, es común dividirlo en problemas menores denominados módulos, procedimientos o funciones. Son más sencillos de diseñar, corregir y almacenar y, por ser reutilizables, evitan la repetición de instrucciones. Zapotecatl (2014) denomina recursión a la manera en la que se especifica un proceso basado en su propia definición.
- Simulación: según Zapotecatl (2014), una las principales ideas del PC en la solución de problemas. Son objetivos operativos del PC:
 - representar datos mediante abstracciones, como modelos y simulaciones; y
 - formular problemas de manera que permitan utilizar computadoras y otras herramientas en su solución.
- Crear programas de computadora que generan un modelo permite a los científicos vislumbrar resultados y probar teorías complicadas de ensayar en el mundo físico, además, da lugar a la configuración de un nuevo campo que une ciencia, tecnología, ingeniería y matemática computacional.
- Evaluación y depuración: integrar la evaluación de conceptos y prácticas del PC es esencial en educación (Bocconi et al., 2016). Evaluar y validar los artefactos producidos por los estudiantes mejora el diseño de un programa desarrollado.
- Generalización: está asociada con la identificación de patrones, similitudes y conexiones. Es una forma de resolver rápidamente nuevos problemas asociados a otros anteriormente resueltos (Bocconi et al., 2016).

Como cierre de este tema se hace hincapié en la creciente demanda de habilidades tecnológicas y competencias digitales por parte del mercado laboral, hecho que impulsa la tendencia en muchos países –como se analizará más adelante– a integrar el PC en la enseñanza obligatoria. Costin y Jales (2018) señalan que en el G20-2018 en Buenos Aires se abordaron cuestiones clave referidas a las innovaciones digitales y las transformaciones del mercado de trabajo, sin embargo, se prestó poca atención a la necesidad de impulsar mecanismos para el desarrollo de competencias y habilidades en los sistemas escolares. En este contexto los autores proponen una reforma curricular que promueva que niños y jóvenes experimenten estas nuevas habilidades y se atienda, desde otra perspectiva, a un desarrollo profesional docente adecuadamente evaluado y adaptado a estimular habilidades para cerrar la brecha entre educación y fuerza de trabajo.

Enfoques pedagógicos

La enseñanza de informática en la escuela tiene como propósito presentar a los estudiantes los fundamentos de esta disciplina a fin de infundirles interés, curiosidad y entusiasmo (Armoni y Gal-Ezer, 2014). Si el objetivo de la educación es mejorar las habilidades para la vida de los alumnos y prepararlos para un mundo que aún no existe, estamos ante una situación que presenta desafíos técnicos y éticos de los cuales todavía no se han tomado conciencia (Peyton et al., 2013). La educación aspira a que las disciplinas que se enseñan –entre ellas, la informática– tengan valor a largo plazo. Caracterizar a la informática como disciplina ya no es difícil de argumentar, pero subsiste el interrogante sobre si todo niño debiera aprender informática o solamente algunos jóvenes adecuadamente motivados. Si enseñamos física elemental en la escuela, no es porque todos se convertirán en profesionales del área, sino porque cierto conocimiento de esta ciencia es fundamental para cualquier ciudadano. Igual sucede con la informática, hay una amplia evidencia que los niños pequeños tienen avidez por hacerlo.

La informática está interesada en cómo funcionan las computadoras y los sistemas informáticos, y cómo ellos están diseñados y programados. Los alumnos que estudian esta disciplina obtienen información sobre los sistemas computacionales, ya sea que incluyan o no computadoras. Como se mencionó anteriormente, el PC posibilita el desarrollo de habilidades. La competencia que de ellas se posea facilita transitar la sociedad actual y futura.

La complejidad de las ciencias de la computación vuelve a esta ciencia más difícil de enseñar que otras. Los docentes enfrentan múltiples desafíos ya que es una disciplina relativamente nueva, con cambios y desarrollos permanentes, con tecnología que se vuelve obsoleta en forma constante. No es suficiente la literatura de contenido pedagógico que apoye a los profesores, además, estos son relativamente pocos y, generalmente, con una escasa formación docente, por lo que es importante realizar ingentes esfuerzos en su preparación.

Castañeda, Adell y Llopis (2015) evidencian algunos cambios desencadenantes en el contexto de la acción docente:

- El marco tecnológico que afecta nuestro contexto social. La proliferación de dispositivos y herramientas que permiten a los usuarios no solo publicar sino buscar, compartir y discutir información de forma cada vez más democrática, ubicua y simple.
- La acción docente focalizada en el aprendizaje centrado en el desarrollo y potenciación de competencias básicas de los estudiantes y el trabajo personalizado y flexible.
- Un cambio de paradigma –relacionado con la importancia de las competencias– conducente en consecuencia a que las habilidades en TIC sean consideradas como transversales.
- La materialización en los planes de estudio de educación primaria de una asignatura encargada del estudio de la implementación de las nuevas tecnologías.

Los recién mencionados autores afirman también que si se procura que los estudiantes construyan conocimiento mediante la interacción social entre ellos –y no solo con expertos–, se acepta al constructivismo social como fundamento de la práctica docente. Consideran entonces al aprendizaje dialógico como modelo didáctico y marco conceptual útil para la comprensión de nuevos contextos educativos. Contextos que, por ser más complejos, distribuidos, conectados y flexibles, exigen la creación colectiva de conocimiento por medio de objetos de actividad compartidos. El aprendizaje

trialógico que se caracteriza por:

- estar orientado hacia la elaboración de un objeto compartido como plan, diseño, producto, práctica, problema de investigación, etc.
- buscar el avance del conocimiento en un proceso constante y a largo plazo.
- diseñar la mediación tecnológica para la creación, construcción y compartición del conocimiento de modo colaborativo dentro de un período extenso.
- crear conocimiento por medio de la interacción entre actividades individuales y colectivas.
- lograr evolución a través de la transformación y la reflexión.
- relacionar las prácticas de conocimiento entre comunidades educativas, profesionales y de investigación.

Estos estudiosos proponen además una serie de cambios en la práctica docente:

- No utilizar tutoriales ni clases en el aula de informática ya que, tras la proliferación de los dispositivos móviles y de video-tutoriales en YouTube, se entendió la necesidad de que los estudiantes explorasen las herramientas en forma autónoma.
- Organizar el aprendizaje basado en tareas. Sugieren trabajar con tareas más globalizadas incorporando actividades planteadas por los estudiantes (didácticamente interesantes) apoyadas por tecnologías y que incluyan artefactos creados por ellos.
- No realizar exámenes de conocimiento declarativo. Si el trabajo por tareas implica desarrollar competencias, es innecesario que la evaluación sea un inventario de conocimiento declarativo. Un examen debe comprometer la resolución de problemas y reflejar la forma de trabajo realizada durante el aprendizaje.
- Transitar del desarrollo profesional docente al desarrollo del entorno personal de aprendizaje (EPA) de los docentes. El desafío de emancipar a los docentes para que continúen formándose en el futuro requiere fomentar mecanismos de aprendizaje autónomo y autorregulado, enriquecido por el uso de redes sociales y personales que conviertan al docente en miembro de una comunidad en la que aprende. Del mismo modo, es necesario inducir a los alumnos al reconocimiento y desarrollo de su EPA.
- Establecer el portafolio final de evaluación como parte importante del proceso. Se enfatizan los espacios de presentación de tareas en los que docente y compañeros otorgan feedback para la mejora y el registro de la actividad realizada en forma continua a modo de diario de clase o de portafolio de desempeño. Se complementan con una fase de reflexión a partir del feedback obtenido.

Segredo, Miranda y León (2017) señalan que avanzar hacia la educación del futuro implica una modernización integral de todos los procesos. A pesar de que la informática ha impulsado la innovación en todos los campos sigue marginada en los sistemas educativos actuales. Dado que el PC ayuda, como se ha remarcado, a promover habilidades para la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad, es necesario que las instituciones educativas se esfuercen en promoverlo como una oportunidad para transformar las pedagogías tradicionales en educación inteligente (SMART, expresión derivada del concepto de ciudad inteligente).

Cuando se intenta lograr una educación inteligente, la tecnología es fundamental pero no el objetivo final, no es suficiente en sí misma. El sistema educativo deberá ofrecer entornos de aprendizajes ricos, interactivos, inclusivos y en constante cambio que permitan potenciar las habilidades requeridas del siglo XXI –comentadas con anterioridad–, anticipándose a las demandas de los usuarios.

Zhu, Yu, & Riezebos (2016, en Segredo, et al., 2017) proponen estrategias contribuyentes a una educación inteligente.

- Instrucción diferenciada para abordar la enseñanza y el aprendizaje para estudiantes de una misma clase con diferentes habilidades.
- Aprendizaje colaborativo asentado en grupos.
- Aprendizaje personalizado sustentado en el individuo con un enfoque de ajuste para conectarse a los intereses y las experiencias de los estudiantes en forma individual.
- Aprendizaje generativo en alusión a un proceso que contempla la construcción de nuevos conocimientos y métodos, y la identificación de nuevas aplicaciones. Un aprendizaje creativo que requiere de un pensamiento sistémico, una maestría personal, una visión compartida y un aprendizaje en equipo.

Teniendo en cuenta las oportunidades que ofrecen las tecnologías en el campo educativo, el interés se centra –para los autores aludidos en el párrafo anterior– no solamente en la modernización de las viejas metodologías, sino en la implementación de nuevas estrategias metodológicas que se adapten mejor a una educación inteligente. Por lo cual proponen introducir el PC como una herramienta para el aprendizaje generativo y como estrategia para el desarrollo de las habilidades más demandadas para los estudiantes de hoy.

A pesar de las múltiples iniciativas para la enseñanza de la programación en el currículum (y fuera de él) y de la proliferación de herramientas –muchas de ellas de libre acceso que muestran una marcada tendencia para promover la programación e incentivar las habilidades del PC–, hay muchos aspectos sobre los que se debe trabajar arduamente a fin de consolidar estas iniciativas. Particularmente, desarrollar entornos de aprendizaje más potentes y útiles, generar nuevos criterios y metodologías de aprendizaje, afianzar la creatividad activa de los nuevos ciudadanos, evaluar el real impacto del PC en la capacidad de resolver problemas en cualquier campo y en la mejora de las habilidades generales del individuo.

Pensamiento computacional y currículum

El modelo de implementación de la enseñanza de la programación en las escuelas depende de la realidad de cada país. De diversa forma participan varios actores, como gobiernos centrales o locales, fundaciones u organismos privados. También han sido dispersas las razones que justifican la introducción de la programación en el currículum escolar. Fábrega, Fábrega y Blair (2016) mencionan la promoción de habilidades de pensamiento crítico, de codificación y programación, resolución de problemas, atraer más estudiantes a carreras de informática, fomentar las posibilidades de empleo en el sector TIC, etc., buscando ajustarse a las habilidades requeridas en la educación del siglo XXI y a los retos del ambiente laboral.

Hay países que han influido fuertemente en América Latina por sus prácticas, su tradición en el campo de la programación y su decidida promoción sistemática de incorporación a la educación formal, tal es el caso de Inglaterra, España y Estados Unidos (Jara y Hepp, 2016).

Es destacable la experiencia señera de Costa Rica, primer país latinoamericano en proyectar una política nacional de incorporación de la TIC a las escuelas. Se mencionan también descripciones de Argentina y Ecuador –países de pertenencia de los autores de este ensayo– por sus avances en la enseñanza de la programación. Los ejemplos citados ilustran tendencias sin contar que son numerosos los países interesados en el tema.

Inglaterra

En este país la enseñanza de las ciencias de la computación es obligatoria. Desde los años 80 se brindaban cursos de programación en BASIC. En la década siguiente el currículum se direccionó esencialmente a las herramientas de Office. Desde mediados de los 90, el Stevenson Committee plantea que estas orientaciones no aportan los resultados esperados. En 2007 Peyton, en reuniones con docentes de informática, llega a un diagnóstico relevante: el currículum de la mencionada materia no conseguía asentar en los estudiantes las habilidades digitales que se necesitaban, por el contrario, parecía alejarlos de las ciencias de la computación. En 2008 nace la asociación Computing at Schools (CAS), su objetivo fue establecer las ciencias de la computación como una disciplina rigurosa y de alto estatus, y construir, en esa misma línea, una red que apoyara a los docentes mientras interactuaban con la informática en sus aulas. Del 2010 al 2015 se introducen reformas para modernizar los planes de estudio, acrecentar los niveles de equidad, fijar estándares para los docentes y propiciar el desarrollo de proyectos. (Fábrega et al., 2016). En 2014 se publicó un nuevo programa de estudios y su primera implementación se realizó en 2015.

La informática se incluye en el currículum escolar a partir de la escuela primaria con el objeto de desarrollar en los estudiantes las habilidades del PC y la creatividad para entender y transformar el mundo utilizando la tecnología.

España

Un estudio publicado por el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado en 2018 presenta la situación actual de la enseñanza de la programación, la robótica y el PC en España. Se concluye que nueve comunidades autónomas han incluido contenidos de programación, robótica y PC en su currículum autonómico, seis se han centrado en secundaria, una lo ha hecho en primaria y dos lo han hecho en ambos niveles educativos.

Se evidencian múltiples iniciativas del ámbito universitario, civil y empresarial entre las que se destacan las investigaciones empíricas del grupo KGBL3, de la Universidad Rey Juan Carlos y la Universidad Nacional de Educación a Distancia, el grupo UdiGitalEdu de la Universidad de Girona, la asociación Programamos, la iniciativa CLOQQ – EVERIS, los programas de Microsoft y otros que propenden al uso de la informática por los estudiantes con proyectos entretenidos y resultados inmediatos.

En opinión de la Sociedad Científica Informática de España, los alumnos deben cursar una asignatura obligatoria por curso sobre educación informática desde la primaria hasta el bachillerato, además de su utilización transversal en otras asignaturas.

Estados Unidos

En EE.UU. la ausencia de un currículo único a nivel nacional no permite adoptar prácticas educativas uniformes. Este país atesora una tradición extensa en la enseñanza de la computación en las escuelas secundarias a través de cursos de informática y de la enseñanza de contenidos educativos relacionados con ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas (STEM y/o STEAM, si se incorpora Arte) (Jara y Hepp, 2016).

La National Science Foundation (NFS) brinda apoyo a las iniciativas en los campos de la ciencia y la ingeniería que desarrollaban –desde su creación en 1950– programas de apoyo a la enseñanza de la computación.

El interés concreto por la enseñanza de los lenguajes de programación –tema que nos ocupa– comenzó alrededor de los años 80 en los estados de Virginia y Maryland. Su propósito era el fomento de lo que hoy se llama PC. Al igual que los estados mencionados, The Computer Science Teachers Association (CSTA), creada en el año 2004, se ha convertido en una activa y entusiasta organización que media por empoderar a los docentes de primaria y secundaria (K-12) en todo el mundo, suministrando beneficios significativos y concretos a sus miembros y promocionando la equidad en la enseñanza de la informática.

En 2016 se inicia un proyecto propuesto por el Presidente Obama llamado Computer Science for All (CS for All) para capacitar a todos los estudiantes estadounidenses en la comprensión de las ciencias de la computación y el desarrollo de habilidades de PC, que permitan gestar creadores de la economía digital y ciudadanos activos para el mundo actual y futuro. Obama fue el impulsor del arribo de ConnectED, diseñado para enriquecer la educación K-12 y reducir la brecha de conectividad en más de la mitad de las escuelas.

Con la finalidad de integrar múltiples actores en 2015 se inicia el plan TechHire. Su propuesta se extendió por 35 ciudades, estados y áreas rurales articulando los sectores tecnológicos locales y creando canales de talento tecnológico en las comunidades de todo el país

Otras iniciativas, como Nation of Makers, apoyan a organizaciones de creadores a través del fomento de conexiones, intercambio de recursos y oportunidades de financiación para promover la innovación y la creatividad.

Costa Rica

Fue el primer país latinoamericano que, con una visión integral de los aportes de las TIC en educación, las incorpora en 1980 al Programa Nacional de Informática Educativa (PRONIE) en un esfuerzo público-privado entre el Ministerio de Educación Pública (MEP) y la Fundación Omar Dengo (FOD) dispuesto a desarrollar capacidades estratégicas en las personas, usando tecnologías.

El gobierno impulsó la creación de la FOD –como ejecutora del PRONIE– para alcanzar flexibilidad, agilidad de operación, logro de fondos extranjeros, manejo de fondos públicos y garantía ante los cambios de gobierno. Las iniciativas de la FOD siempre tuvieron una visión progresista. A través de acuerdos nacionales e internacionales, y de sus centros de investigación, producción e innovación educativa, fomentaron el diseño programático y la formación y capacitación docente.

Desde su origen la propuesta conjunta PRONIE-MEP-FOD se centra en el aprendizaje de la

programación como práctica para acrecentar capacidades. Este se incorpora al currículo a través del aprendizaje por proyectos. La oferta educativa se extendió en el tiempo, ajustada a las realidades y necesidades de una población estudiantil diversificada.

Estas peculiaridades del proyecto costarricense lo diferenciaron –en esa época– de otros tratamientos del tema en países latinoamericanos.

La unión MEP-FOD detenta un marco político, normativo y legal, y un modelo de gestión sostenibles que consolidaron su accionar con una visión de largo plazo. Asimismo, la intencionalidad frecuente al diálogo, la negociación y la colaboración.

El modelo educativo fue precursor al inicio y retador en la actualidad. La provisión del equipo tecnológico al PRONIE –adjudicado inicialmente a IBM– condicionaba a la empresa a presentar una propuesta pedagógica de uso. Financiado por EE.UU., se crea simultáneamente un centro latinoamericano para la formación e investigación en informática educativa.

Pormenorizar sobre el PRONIE lleva a comentar varios componentes:

- a. El modelo educativo inicial procuraba que niños, adolescentes y educadores ampliaran la programación en el currículo, el aprendizaje en entornos colaborativos, la indagación de ambientes tecnológicos, el pensamiento lógico matemático, las habilidades para la resolución de problemas, la autoestima, la creatividad y la expresividad. Su base epistemológica muestra la relación entre la computadora como recurso para pensar el ambiente escolar y las habilidades intelectuales de las personas; lo cual refleja el constructivismo piagetiano de Papert. El programa gestó, como propuesta pedagógica, el aprender haciendo, guiado metodológicamente por el aprendizaje basado en proyectos (ABP) orientado por estándares, ABP enriquecido luego con mapas conceptuales como representación gráfica del conocimiento y con el enfoque de la enseñanza para la comprensión (BuckInstituteforEducation, 2014). El laboratorio se incorporó como un ambiente educativo no formal de aprendizaje abierto, creativo y lúdico apoyado en la tecnología. En la actualidad, y más allá de la incorporación de las tecnologías móviles, el laboratorio mantiene un rol primordial en el sistema educativo.

Si bien el aprendizaje de la programación se inició con Logo, actualmente utiliza una multiplicidad de lenguajes con nuevas metodologías y plataformas tecnológicas y con potentes equipos de cómputo.

- b. El éxito de su modelo de gestión se acredita a través de cinco factores:
 - Coordinación interinstitucional. La sinergia lograda con universidades públicas (particularmente, con la Universidad Estatal a Distancia) carrera para docentes en Informática Educativa; Universidad de Costa Rica (graduación y postgrados); empresas de tecnología. Protección constante del fondo patrimonial de la FOD.
 - Organización interna del PRONIE. Capacitación del grupo inicial en el Media Lab del MIT; Maestría en Informática Educativa (Universidad de Hartford, EE.UU.); perfeccionamiento posterior constante. Se destaca la presencia en Centroamérica del Instituto Innova de Aprendizaje y Tecnología (INNOVA) (FOD) que incuba propuestas originales en aprendizaje lógico, aprendizaje por diseño y ciencias, programación y robótica, ciudadanía digital, emprendimiento, desarrollo profesional docente para la innovación educativa, producción de recursos didácticos.
 - Instalación y configuración de tecnologías en escuelas y colegios y servicio de soporte técnico

permanente (en sitio y remoto) y con inversión continua.

- Acompañamiento al docente como aspecto fundamental que supera las capacitaciones. Un presupuesto sólido asegura educadores y administradores que actúan como dinamizadores del cambio del sistema público. El perfeccionamiento se orienta a la programación de computadoras y lenguajes de programación, innovación que aprovecha el software educativo, los enfoques didácticos que integran las tecnologías digitales y la evaluación de aprendizajes.
- Otro sostén es el desarrollo de investigaciones, el monitoreo y las evaluaciones para retroalimentar la práctica y el avance del PRONIE.

c. Hitos en la oferta educativa, siguiendo cronología:

- Laboratorios de Informática Educativa.
- Programa de Informática Educativa para las Comunidades.
- Propuesta Informática Educativa en el Aula –escuelas multigrado–.
- Prácticas pedagógicas en Robótica Educativa y Aprendizaje por Diseño.
- Labor@-Centros.
- Construcción de estándares de desempeño con tecnologías digitales.
- Guías didácticas para docentes y estudiantes.
- Incorporación informática educativa al currículo a nivel nacional –desarrollo de capacidades de pensamiento lógico y científico–.
- En los últimos años la extensión de la tecnología móvil proyecta lograr cobertura nacional. Carritos móviles para el desarrollo de áreas curriculares prioritarias: ciencias, matemáticas y español. En el 2019 se crea una plataforma digital de capacitación de docentes (UPE) que aspira a brindar una solución integral al desarrollo profesional docente de Costa Rica.

d. Esquemas de equipamiento:

- modelo 1 a 1; Proyecto Redes Móviles para el Aprendizaje; Rural Emprende.
- Proyecto aprendizaje con tecnologías móviles en escuelas multigrado –estrategia niños mediadores– y en centros educativos indígenas.
- Proyecto Recupera –pedagogía hospitalaria con TIC–.

Como corolario de este apartado puede afirmarse que son múltiples los bienes y servicios proporcionados por el PRONIE-MEP-FOD, los resultados a nivel educativo y social, y la sostenibilidad del sistema en un contexto social, económico y político cambiante.

Ecuador

En el sector educativo tradicionalmente se dio mucho énfasis a la dotación de infraestructura informática, los esporádicos programas de capacitación docente y la implementación de algunos portales con fines docentes. En 2016 el Ministerio de Educación del Ecuador (MEE) colocó como prioridad el uso de las TIC “como instrumento facilitador para el desarrollo del currículo en cada

una de las áreas” (IBEC, 2017). Se dispone que los docentes de todas las áreas, con el apoyo de los profesores de informática, planifiquen y desarrollen sus clases utilizando los laboratorios de informática, aunque no se vislumbra la necesidad de incluir aspectos innovadores y gestión del conocimiento a través del PC, quedando como un simple enunciado por falta de personal capacitado, ausencia de evaluación y poco entusiasmo del sector docente.

En el 2017 el ME Ecuador publicó la Agenda Educativa Digital 2017-2021 como una estrategia que establece los lineamientos de inclusión de las TIC para producir cambios que apunten a las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento – TAC -, como un proceso de innovación pedagógica.

Por otro lado, la estrategia Ecuador Digital 2.0 nace de un diagnóstico del Ministerio de Telecomunicaciones que busca que los ciudadanos generen información y conocimiento a través del uso de las TIC, para lo cual se plantean estrategias basadas en los siguientes ejes:

- Físico: conectividad y equipamiento.
- Aprendizaje digital: integración curricular de las TIC. Con el apoyo de la UNESCO se impulsa la implementación de las Ciencias de la Computación como asignatura que “promueve la integración del área de pensamiento computacional en el currículo nacional, desarrollando habilidades de pensamiento claves como el razonamiento lógico, la modelización, la abstracción y la resolución de problemas” (MEE, 2017: 26). Este currículo se compone de cuatro módulos interconectados: navegación de contenido curricular en línea, planificación curricular en línea, vinculación de recursos educativos digitales y ejes transversales, transculturalidad y adaptación.
- Desarrollo docente: preparación continua de los docentes en ejercicio y en su formación inicial.
- Comunicación y fomento con fases de difusión, incentivo y empoderamiento, y la implementación de un repositorio digital.
- Innovación: concebido para albergar nuevas ideas que aportan al desarrollo de la educación digital mediante la implantación del llamado laboratorio de innovación educativa.

El portal del MEE menciona los siguientes avances:

- En aprendizaje digital: producción de recursos educativos digitales y creación de documentos con lineamientos técnico pedagógicos para el uso de las TIC.
- En desarrollo docente: actividades de pilotaje/conducción en diversos temas de capacitación.
- En fomento y comunicación: festivales, talleres y conferencias de innovación educativa.
- En innovación: equipamiento de instituciones educativas fiscales.

Si bien la mencionada agenda se encuentra en ejecución, es apenas un punto de partida para cumplir su objetivo general, así como la promoción del área del PC en el currículo nacional. Además de los informes de avance en los diferentes ejes, no hay referencia sobre estrategias de un proceso de evaluación del impacto de dicha agenda en el sistema educativo nacional; no existe ninguna normativa para su aplicación en los establecimientos de nivel primario y medio del país, especialmente en los privados; tampoco hay un modelo educativo de base, ni la definición de estándares de enseñanza, ni contenidos de base que sirvan de fundamento para la enseñanza del PC. Los contenidos relativos a la educación digital, programación y robótica son aún incipientes por lo que hace falta que el MEE

asuma el liderazgo que le corresponde para impulsar la enseñanza del PC y evite que la brecha digital se vuelva cada vez más profunda.

Argentina

Conocer cómo se determina lo que se enseña en las escuelas de Argentina ayuda a comprender el movimiento de las políticas y las prácticas de las tecnologías digitales en el sistema educativo. La Ley de Educación Nacional N°26.206/06 estableció que el Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación (MEN) en acuerdo con el Consejo Federal de Educación (CFE) son los responsables de definir los núcleos de aprendizaje prioritarios para todos los niveles y años de la escolaridad obligatoria. Esta integración –nacional/jurisdiccional– garantiza un horizonte común para la enseñanza y el aprendizaje.

Uno de los objetivos básicos de la Ley de Educación Nacional es asegurar que las escuelas de todo el país accedan a las TIC. Un territorio nacional desigual en cuanto al acceso y alfabetización digital determinó que la introducción de las TIC en las escuelas públicas se destacase entre las políticas de Estado.

La integración de las TIC a los sistemas educativos provinciales comienza en 1990, pero el hecho clave del gobierno nacional de carácter masivo por la significación social y educativa de las TIC fue el Decreto (PEN) N°459/10, que crea el Programa Conectar Igualdad (CI) firmado por Cristina Fernández de Kirchner.

Una reciente propuesta, entendida como política integral de innovación educativa y tecnológica, es el Plan Aprender Conectados (AC), Decreto (PEN) N°386/2018 firmado por Mauricio Macri.

El paso de Conectar Igualdad al vigente plan Aprender Conectados no fue sencillo. El Decreto (PEN) N°1239/2016 ofrece información al respecto.

El primer Programa Integral fue Conectar Igualdad. Su principal antecedente, la Campaña Nacional de Alfabetización Digital (CNAD, 2004). Todas las escuelas técnicas e institutos de formación docente (IFD) fueron equipados con laboratorios de informática. Educ.ar, Canal Encuentro y Pakapaka produjeron recursos educativos de calidad superior. La CNAD incentivó numerosos proyectos para asistir a sectores postergados y renovar procesos de enseñanza.

Establecer el modelo 1 a 1 implicó asignar equipos de computación portátiles a estudiantes y docentes en forma individual para asegurar un acceso personalizado, directo, ubicuo e ilimitado a las TIC. Una Computadora por cada Alumno fue la denominación del programa nacional (2008) que incorporó las TIC a la educación técnica y favoreció la aproximación del estudiante al mundo del trabajo. La capacitación docente resultó proficua.

En el 2009 el programa nacional se reestructura como Programa Conectar Igualdad, que se torna universal (secundaria, educación especial y formación docente). Implicó gran inversión pública asumida por el Sistema Previsional Argentino (ANSES) y otros organismos nacionales. Los fundamentos del programa incorporan como objetivo de política educativa nacional el desarrollo de competencias necesarias para uso de lenguajes producidos por las TIC. El Estado organizó la agenda educativa y digital del país. Conectar Igualdad y Televisión Digital Abierta se integraron al Plan Nacional Argentina Conectada, principal iniciativa de universalización de Internet en el período

2010-2015 (Baladrón, 2018). El fundamento educativo y político de CI se expresa en el documento titulado Las políticas de inclusión digital educativa. El Programa Conectar Igualdad. El texto comenta experiencias significativas de implementación del modelo 1 a 1 en las provincias de San Luis, Río Negro, La Rioja y Ciudad de Buenos Aires (Res.CFEN°123/2010).

Más allá de los inconvenientes surgidos durante la implementación de CI, se valoran los innumerables programas, planes y producciones por la significación de sus principios y acciones.

El vínculo Estado nacional con Telefónica, Intel, Exo, Telecom, Arnet fue extendido y complejo. Organizaciones de la sociedad civil: Evolución, SES, Equidad, Evolución, Bunge y Born y Dr. Manuel Sadosky participaron en y con CI en interesantes y prolongados programas y servicios. La Fundación Sadosky (público-privada) unida a CI (2013) dio origen a Program.Ar, que brega para que el aprendizaje significativo de la computación esté presente en todas las escuelas argentinas. Con modelo propio, su accionar de excelencia se prolonga hoy en Aprender Conectados.

En momentos de transición entre el gobierno de la presidenta Fernández de Kirchner y el gobierno del presidente Macri, por Res-N°263/15 (CFE), se declara la importancia estratégica de la enseñanza y el aprendizaje de la programación durante la escolaridad obligatoria.

Cuando asume Macri, crea el Ministerio de Modernización. Desde allí se genera el Plan Nacional de Inclusión Digital Educativa que expresa una política federal cuyo propósito es la reducción de la brecha digital en tres niveles: acceso, uso y apropiación de las nuevas tecnologías.

La Declaración de Purmamarca (CFE-02/16) es fundacional, ya que se compromete a generar políticas y proyectos de innovación educativa que promuevan la enseñanza de habilidades y competencias para el siglo XXI en entornos digitales y profundicen el uso de TIC en todos los niveles educativos.

Por decreto (PEN 1239/2016) Conectar Igualdad se transfiere a Educ.Ar, dependiente del MEN. El hecho tuvo compleja y encontrada repercusión en el país.

Entretanto, el CFE aprueba dos documentos fundamentales: marco de Organización de los Aprendizajes para la Educación Obligatoria (MOA) y Criterios para la elaboración de los planes estratégicos jurisdiccionales de nivel secundario. Se generan los Núcleos de Aprendizaje Prioritarios (NAP) como saberes organizados por áreas del conocimiento (Res. CFE.330/2017).

Al año siguiente comienza el Plan Aprender Conectados por decreto (PEN-386/18), en ámbito del MEN, como política integral de innovación educativa y tecnológica, financiado con partidas anuales asignadas por Presupuesto General de la Nación.

La Res 1410/2018-MEN expresa la intención del Plan de promover la implementación de la educación digital, programación y robótica para los niveles obligatorios (inicial, primario y secundario e institutos de formación docente) con contenidos innovadores y una formación docente especializada. Propone un modelo pedagógico orientado a un alumno activo y participativo y con un docente capacitado que guíe el aprendizaje a través de proyectos con basamento en el mundo real. Para lograrlo se promete articular la infraestructura y el equipamiento tecnológico emergente, la conectividad a los establecimientos educativos de gestión estatal, el diseño de nuevos contenidos educativos —(determinando los NAP para la Educación, Programación y Robótica (NAP-EDPR)

por Res CFE-N°343/18)— y actualización de la formación y capacitación docente.

Los NAP-EDPR promueven la alfabetización digital, entendida como el desarrollo de competencias y saberes necesarios para la integración de los estudiantes a la cultura digital y la trama de los medios digitales. Tratan de impulsar la construcción de saberes concernientes a diversos lenguajes y recursos narrativos, y fortalecer metodologías para que los estudiantes interpreten el razonamiento de la programación de los sistemas digitales y el modo en que actúan los algoritmos.

Acorde a esta resolución del CFE, los NAP-EDRP se secuencian por ciclo, con flexibilidad dentro de cada ciclo y entre ciclos. El diseño de los NAP-EDRP no establece espacios curriculares, los conocimientos están integrados entre sí y pueden abordarse en el orden que lo requiera la propuesta pedagógica del docente.

Especial reconocimiento merece el trabajo realizado sobre contenidos de los NAP para cada uno de los niveles y ciclos, con detalle de los saberes que se acordaron promover para la educación inicial, primer y segundo ciclo de educación primaria y ciclo básico y orientado de educación secundaria. (Res-CFE-N°343/18). El Anexo II de la mencionada resolución propone los lineamientos para su implementación.

Reflexiones finales

No queda duda de que la propuesta de Wing (2006) —que alcanzó gran resonancia— se conecta plenamente con los trabajos realizados por Papert, con fundamento en la teoría constructivista de Piaget. Ese fue el inicio del tratamiento del concepto de PC y el lenguaje Logo fue el sustento de la proposición de Wing.

Autores como Adell, Llopis, Mon y Valdeolivas (2019), Bocconi, et. al. (2016), entre otros, señalan que es evidente la falta de acuerdo en la definición de PC. Denning (2017, citado por Adell et al., 2019) expresa que la crítica a las definiciones de PC derivadas de la de Wing ignoran la historia de las ciencias de la computación y desaciertan al procurar incluir los usos de la informática en todos los campos de conocimiento. Voogt, Fisser, Good, Mishra y Yadav (2015) sostienen que el PC se basa en conceptos de la informática, pero PC e informática no son idénticos. El PC es más que la programación, aunque esta sea utilizada para el desarrollo de habilidades propias del PC. Explicaciones con las que se acuerda desde la autoría del artículo.

No obstante, la falta de consenso en la definición de PC, los estudiosos coinciden en la omnipresencia de las TIC y en la necesidad de desarrollar —desde edades tempranas— habilidades ligadas al PC. Es por ello que el aprendizaje formal e informal del PC muestra una creciente tendencia.

Son cada vez más los países que vislumbran el potencial de su incorporación en la formación de las nuevas generaciones de estudiantes, aunque —como se visualiza en los ejemplos ofrecidos— su inclusión en el currículo de la educación obligatoria varía de un país a otro. Este hecho responde a maneras diferentes de comprender el sentido de la educación obligatoria. Una de esas maneras expresa que desarrollar habilidades de PC en niños y jóvenes facilita que piensen de modo diferente, que usen variedad de medios para expresarse, que resuelvan problemas del mundo real. Otra considera que su incorporación debe tender al impulso del crecimiento económico, a cubrir puestos de trabajo TIC y a prepararse para futuros empleos.

Ante la notable dispersión de contenidos propuestos para los diferentes niveles, creemos que hace falta establecer un marco conceptual que guíe la integración en el currículo en sus diferentes etapas y definir la relación con otras disciplinas integrando contenidos con las áreas STEM y/o STEAM.

La investigación de los resultados obtenidos al integrar el PC en el currículo es incipiente. Se necesita más indagación y profundización en la definición, estructura y componentes, la determinación de metodologías y estándares de aprendizaje y evaluación, el papel de su didáctica en la formación inicial y permanente de los profesores, la determinación de criterios para integrarla como asignatura (optativa u obligatoria). Asimismo, la exploración de la relación PC y robótica educativa para poder afirmar o no que la programación de robots educativos sencillos contribuye a su desarrollo.

La formación inicial y permanente del profesorado es un tema recurrente que necesita del accionar conjunto de los docentes en ejercicio, desarrolladores de software, profesionales de las TIC y de las universidades y sus profesores. Más allá de las aportaciones sobre enfoques pedagógicos mencionados en párrafos precedentes, aún no puede hablarse de una didáctica del PC.

Al momento de concluir la redacción de este artículo los autores expresan su interés en profundizar el estudio de nuevos modelos computacionales tales como el aprendizaje profundo en inteligencia artificial, las redes neuronales, las analíticas de datos y otros.

Finalmente, creemos que el apoyo político de los estamentos gubernamentales es también fundamental para que la enseñanza del PC consolide su nicho en los sistemas educativos, particularmente en Latinoamérica. Y que es necesario realizar un debate social sobre el futuro a construir en concordancia con los avances tecnológicos.

Referencias bibliográficas

- ADELL, J., LLOPIS, M., MON, F, y VALDEOLIVAS, M. (2019). El debate sobre el Pensamiento Computacional en educación, *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), pp. 171-186. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.22.1.22303>
- AREA, M. (2009). *Introducción a la Tecnología Educativa*. Islas Canarias: Universidad de La Laguna. Recuperado de: <http://issuu.com/manarea/docs/tecnologiaeducativa?e=1102848/2664012>
- AREA, M., Gutiérrez, A. y Vidal F. (2012). *Alfabetización Digital y Competencias Informacionales*. Recuperado de: https://ddv.ull.es/users/manarea/public/libro_%20Alfabetizacion_digital.pdf
- ARMONI, M. y GAL-EZER, J. *Early computing education – why? What? When? How?* (2014). Recuperado de: <https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2684721.2684734>
- ATC21S. (2017). *Assessment & Teaching of 21st Century Skills*. 21ST CENTURY SKILLS EARLY LEARNING, Partnership for 21ST century learning. Recuperado de: http://www.p21.org/storage/documents/EarlyLearning_Framework/P21_ELF_Framework_Final.pdf
- BALADRÓN, M. (2018). *El Plan Nacional de Telecomunicaciones Argentina Conectada (2010-2015) en el marco de las políticas públicas de universalización del acceso a internet*. Recuperado de: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/788>
- BOCCONI, S., CHIOCCARIELLO, A., DETTORI, G., FERRARI, A. y ENGELHARDT, K. (2016). *Developing Computational Thinking in Compulsory Education. Implications for policy and practice*, European

- Commission. Recuperado de: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC104188/jrc104188_computhinkreport.pdf
- CASTAÑEDA, L., ADELL, J. y LLOPIS, M. (2015). Cinco reflexiones y diálogos docentes a propósito de la asignatura de Tecnologías Aplicadas a la Educación, Actas XXIII Jornadas Universitarias de Tecnología Educativa JUTE 2015. Recuperado de: https://knowledgesociety.usal.es/system/files/JUTE_actas_2015.pdf
- COMPUTER SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (CSTA) and the INTERNATIONAL SOCIETY FOR TECHNOLOGY IN EDUCATION (ISTE). (2011). Pensamiento Computacional. Caja de herramientas para líderes. Traducción al español realizada por EDUTEKA. Recuperado de: [file:///E:/manuales/Pensamiento%20Computacional%20\(PC\)%20en%20educación%20escolar%20Caja%20de%20herramientas%20para%20líderes%20.pdf](file:///E:/manuales/Pensamiento%20Computacional%20(PC)%20en%20educación%20escolar%20Caja%20de%20herramientas%20para%20líderes%20.pdf)
- COSTIN, C. y JALES, A. (2018). El futuro del Trabajo y la Educación para la Era Digital: Reduciendo la Brecha entre la Educación y la Fuerza de Trabajo: estrategias para satisfacer necesidades cambiantes y mitigar futuras desigualdades. Recuperado de: <https://t20argentina.org/wp-content/uploads/2018/09/Puentes-al-Futuro-de-la-Educacio%CC%81n-Recommendaciones-de-poli%CC%81tica-para-la-Era-Digital.pdf>
- DECLARACIÓN DE PURMAMARCA. Afianzar el valor central de la Educación como principal política de estado que garantiza el desarrollo social y económico del país sostenido en el tiempo. Suscripta el 12/02/2016. Recuperado de: <http://coordiep.org.ar/wp-content/uploads/2017/06/Declaracion-de-Purmamarca.pdf>
- DECRETO PODER EJECUTIVO NACIONAL N°459/2010. Creación del Programa Conectar Igualdad.Com. Ar de incorporación de la nueva tecnología para el aprendizaje de alumnos y docentes. Suscripto el 06/04/2010. Recuperado de: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/165000-169999/165807/texact.htm>
- DECRETO PODER EJECUTIVO NACIONAL N°1239/2016. Transferencia Programa Conectar Igualdad. Com.Ar a la órbita de Educ.Ar. Suscripto el 06/12/2016. Recuperado de: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/265000-269999/268713/norma.htm>
- DECRETO PODER EJECUTIVO NACIONAL N° 386/2018. Creación Plan Aprender Conectados. Suscripto el 27/04/2018. Recuperado de: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/305000-309999/309610/norma.htm>
- FÁBREGA, R., FÁBREGA, J. y BLAIR A. (2016). La enseñanza de Lenguajes de Programación en la Escuela: ¿Por qué hay que prestarle atención? Recuperado de: <http://www.fundaciontelefonica.cl/wp-content/uploads/descargas/1495212855-Documento%20Ense%C3%B1anza%20de%20Lenguajes.pdf>
- FORO ECONÓMICO MUNDIAL. (2016). The Future of Jobs, Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. Recuperado de: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf
- FUNDACIÓN SADOSKY. (2013). Una propuesta para refundar la enseñanza de computación en las escuelas argentinas. Recuperado de: <http://www.fundacionsadosky.org.ar/wp-content/uploads/2014/06/cc-2016.pdf>
- HAUT, J., BUSTOS, P. y GARCÍA, N. (2015). Code2bot: Una propuesta de comunidad de aprendizaje de la programación basada en robots, Actas XXIII Jornadas Universitarias de Tecnología Educativa JUTE 2015. Recuperado de: https://knowledgesociety.usal.es/system/files/JUTE_actas_2015.pdf
- JARA, I. y HEPP, P. (2016). Enseñar Ciencias de la Computación: Creando oportunidades para jóvenes de América Latina. Recuperado de: https://www.yopuedoprogramar.com/CS_Whiter_Paper_Latam.pdf
- LINARES, A. (2008). Desarrollo Cognitivo: Las Teorías de Piaget y de Vygotski. Recuperado de: <http://www>

paidopsiquiatria.cat/files/Teorias_desarrollo_cognitivo.pdf

MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE LA NACIÓN (2017). Competencias de Educación Digital. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. ISBN 978-950-00-1202-7 1. Inclusión Digital CDD 372.34. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/competencias_de_educacion_digital_1.pdf

MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE ECUADOR (2017). Agenda Educativa Digital 2017-2021. Recuperado de: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/Agenda-Educativa-Digital.pdf#page=3&zoom=auto,-15,674>

MUÑOZ, L. BRENES, M., BUJANDA, M., MORA, M., NUÑEZ, O. y ZÚÑIGA, M. (2014). Las políticas TIC en los Sistemas Educativos de América Latina: Caso Costa Rica. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). Impreso en Argentina. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/319987625_Las_politicas_TIC_en_los_Sistemas_Educativos_de_America_Latina_Caso_Costa_Rica/link/59c523100f7e9bd2c0054b9e/download

PAPERT, S. (2002). Subirse al Árbol no es la Forma Correcta de Llegar a la Luna, Ponencia en el Segundo Foro Internacional de la Cultura Digital “Brecha Digital”. Recuperado de: http://www.evirtual.unsl.edu.ar/ilias/data/iliasprof/lm_data/lm_15114/SeymourPapert.pdf

PEYTON, S., MITCHELL, B. y HUMPHREYS, S. (2013). Computing at school in the UK. Recuperado de: <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/07/ComputingAtSchoolCACM.pdf>

PEYTON, S. (2014). Teaching creative computer science. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=Ia55clAtdMs&feature=youtu.be>

POMPA, C. (2015). Jobs for the Future, Overseas Development Institute –ODI-. London. Recuperado de: <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/9578.pdf>

RESOLUCIÓN CFE N°123/2010. Aprobación documentos Las políticas de inclusión digital educativa. El Programa Conectar Igualdad (Anexo I) y Manual operativo para la gestión institucional del Programa Conectar Igualdad (Anexo II). Suscripta el 13/12/2010. Recuperado de: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/normas/14971.pdf>

RESOLUCIÓN CFE N°330/2017. Aprobación documentos Marco de Organización de los Aprendizajes para la Educación Obligatoria Argentina (MOA) (Anexo I) y Criterios para la elaboración de los Planes Estratégicos Jurisdiccionales del nivel Secundario (Anexo II). Suscripta el 06/12/2017. Recuperado de: http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/normas/RCFE_330-17.pdf

RESOLUCIÓN MEN N°1410/2018. Establece que el Plan Aprender Conectados funcionará en ámbito Secretaría de Innovación y Calidad Educativa. Suscripto el 30/05/2018. Recuperado de:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/310000-314999/311208/norma.htm>

RESOLUCIÓN CFE N°343/18. Aprobación documento Núcleos de Aprendizaje Prioritarios para Educación Digital, Programación y Robótica. Anexos I y II. Suscripta el 12/09/2018. Recuperado de: http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/normas/RCFE_343-18.pdf

SEGREDO, E., MIRANDA, G. y LEÓN, C. (2017). Towards the Education of the Future: Computational Thinking as a Generative Learning Mechanism. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/318592554_Towards_the_Education_of_the_Future_Computational_Thinking_as_a_Generative_Learning_Mechanism_-_Hacia_la_educacion_del_futuro_El_pensamiento_computacional_

como_mecanismo_de_aprendizaje_generativo

- SEOANE, A. (2018). Pensamiento Computacional entre Filosofía y STEM. Programación de Toma de Decisiones aplicada al Comportamiento de “Máquinas Morales” en Clase de Valores Éticos. Recuperado de: <https://doi.org/10.1109/RITA.2018.2809940>
- VILLAR, F. (2001). El Enfoque constructivista de Piaget. Capítulo 5, Proyecto docente, Psicología Evolutiva y Psicología de la Educación. Recuperado de: <http://www.ub.edu/dpssed/fvillar/principal/proyecto.html>
- VOOGT, J., FISSER, P., GOOD, J., MISHRA, P., y YADAV, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>
- WING, J. (2006). Computational Thinking, *communications of the ACM*. 49(3). Recuperado de: <https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf>
- WING, J. (2008). Computational thinking and thinking about computing. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2696102/>
- WING, J. (2010). Computational Thinking: What and Why? Recuperado de: <https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>
- WING, J. (2014). Computational Thinking Benefits Society, *Social Issues in Computing*. Recuperado de: <file:///C:/Users/USUARI~1/AppData/Local/Temp/Jeanette%20Wing%202014-1.html>
- WING, J. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. Recuperado de: <http://ijet.itd.cnr.it/article/view/922/874>
- WEINBERG, A. (2013). Computational Thinking: An Investigation of the existing scholarship and research. Recuperado de: https://dspace.library.colostate.edu/bitstream/handle/10217/78883/Weinberg_colostate_0053A_11707.pdf?sequence=1
- ZAPATA-ROS, M. (2015). Pensamiento Computacional: Una nueva alfabetización digital. *RED, Revista de Educación a Distancia*, 46. Recuperado de: <http://www.um.es/ead/red/46/>
- ZAPOTECATL, J. (2014). Pensamiento Computacional. Recuperado de: <http://www.pensamientocomputacional.org/Files/pensamientocomputacional.pdf>