Recibido: 03-04-2021 / Revisado: 21-06-2021
Aceptado: 21-06-2021 / Publicado: 31-07-2021

Factores para el desarrollo del pensamiento computacional en estudiantes de pregrado

Factors for the development of computational thinking in undergraduate students

Guillermo Rodríguez-Abitia[1], María S. Ramírez-Montoya[2], Edgar O. López-Caudana[2], José M. Romero-Rodríguez[3]

[1] Raymond A. Mason School of Business. College of William & Mary, Estados Unidos
[2] Tecnológico de Monterrey, México
[3] Universidad de Granada, España

guillermo.rodriguezabitia@mason.wm.edu , solramirez@tec.mx , edlopez@tec.mx , romejo@ugr.es

RESUMEN. El pensamiento computacional, asociado con disciplinas de ingeniería e informática, puede promoverse en otras áreas, ya que excede el fomentar las habilidades propias de la computación y abarca procesos de pensamientos crítico, lateral y creativo. Se partió de la pregunta ¿Cuáles son las diferencias en las dimensiones del pensamiento computacional entre áreas disciplinares de estudiantes de pregrado? Se trabajó con un diseño de estudio transversal y de muestreo por conveniencia, con una escala de 29 ítems para evaluar el pensamiento computacional en 95 estudiantes de pregrado, que estudian diversas disciplinas en dos universidades mexicanas. Los resultados ubicaron que si había diferencias con los estudiantes de ingeniería que tienen mayor pensamiento crítico, algorítmico, solución de problemas. En cooperación y creatividad no se ubicaron diferencias significativas entre estudiantes de psicología, informática administrativa e ingeniería. Este artículo pretende ser de valor para la comunidad académica interesada en escenarios que promuevan resolución de problemas.

ABSTRACT. Computational thinking, commonly associated with engineering and computer science disciplines, can be analyzed in other areas, since this process exceeds the fostering of computing skills and encompasses critical, lateral and creative thinking processes. This article was based on the question: What are the differences in the dimensions of computational thinking among disciplinary areas of undergraduate students? We worked with a cross-sectional study design and convenience sampling, with a 29-item scale to evaluate computational thinking in 95 undergraduate students studying various disciplines in two Mexican universities. The results showed that there were differences with engineering students who have greater critical, algorithmic and problem-solving thinking. In cooperativity and creativity, no significant differences were found between psychology, administrative informatics and engineering students. This article is intended to be of value to researchers, academics, students and decision makers interested in creating scenarios that promote problem solving.

PALABRAS CLAVE: Pensamiento computacional, Pensamiento crítico, Resolución de problemas, Innovación educativa, Educación superior.

KEYWORDS: Computational thinking, Critical thinking, Problem solving, Educational innovation, Higher education.

1. Introducción

El pensamiento computacional tradicionalmente se puede ubicar en las áreas donde se forma a ingenieros e informáticos. Sin embargo, este tipo de pensamiento es potenciado con procesos que incentivan habilidades de la computación, pensamientos crítico, lateral y creativo. La resolución de problemas es uno de los elementos clave en la promoción de este tipo de pensamiento. La misma conceptualización de pensamiento computacional la describe como un enfoque para la resolución de problemas, el diseño de sistemas y la comprensión del comportamiento humano que se basa en conceptos fundamentales de la informática (Wing, 2008). También Israel-Fishelson et al. (2021) refuerzan el concepto del pensamiento computacional como un conjunto de conocimientos y habilidades necesarias para que las nuevas generaciones de estudiantes no sólo sean competentes en el uso de herramientas, sino también en la creación de las mismas y en la comprensión de sus capacidades y limitaciones.

El desarrollar este tipo de pensamiento conlleva una vinculación con estrategias activas que apoyen la resolución de problemas. Hadad et al. (2021) destacan la importancia de estrategias como los diálogos en una comunidad de aprendizaje del curso, la facilitación por parte de los compañeros y la colaboración para los procesos y resultados de aprendizaje con el fin de aumentar el compromiso y la autorregulación de los alumnos. Rodríguez del Rey (2021) enfatiza que el pensamiento computacional y la creatividad son habilidades que conviene desarrollar en los futuros profesionistas y, por ende, deben integrarse en los programas formativos.

En este marco, el estudio que aquí se presenta se enfocó en analizar el nivel de dominio del pensamiento computacional en estudiantes de diversas profesiones. Se partió de la pregunta ¿Cuáles son las diferencias en las dimensiones del pensamiento computacional entre áreas disciplinares de estudiantes de pregrado? El artículo se estructura en un marco conceptual del desarrollo de pensamiento computacional en distintas disciplinas y estrategias para su desarrollo. Se encuadra el método en un diseño de estudio transversal, con la presentación de la escala con la que se midió esta habilidad en estudiantes universitarios de México. Los resultados con pruebas estadísticas son presentados y finalmente se cierra con unas conclusiones y directrices para futuros estudios.

2. Revisión de la literatura

2.1. Desarrollo del pensamiento computacional

El pensamiento computacional proporciona una plataforma para la creación de nuevos proyectos. da Silva et al. (2020) enuncian que el pensamiento computacional es una habilidad que destaca por su relevancia para los profesionales del siglo XXI y abarca la resolución de problemas utilizando modelos, abstracciones, organización y descomposición de estos elementos de forma algorítmica. Dragon (2019) hace alusión a que las aplicaciones web y móviles parecen ser recursos de aprendizaje electrónico adecuados para los estudios de algoritmos y programación que pueden contribuir positivamente al desarrollo del pensamiento computacional. Algoritmos y programación se presentan como procesos transversales en el desarrollo del pensamiento computacional.

El pensamiento computacional es un campo en construcción. En una revisión de literatura de los últimos cinco años, en el sistema Scival, el 24 de marzo 2021 se ubicaron solo 16 publicaciones sobre el tema, usando las palabras de "pensamiento computacional" y "desarrollo profesional", la mayoría de las publicaciones son ponencias de congresos. Los temas que más se reflejan en los escritos son el pensamiento crítico, ciencias computacionales, programación y desarrollo profesional. En la Figura 1 la distinción de los tamaños de las letras refleja los tópicos más recurrentes en los escritos (por ejemplo, pensamiento crítico se presenta de mayor tamaño que aprendizaje basado en problemas) y, en cambio, los colores enuncian la tendencia del tema, donde el color verde refleja temas en crecimiento (por ejemplo, educación computacional), mientras que el color azul presenta los temas de los que se está escribiendo menos (por ejemplo, videojuegos, análisis de tareas).

CC BY NC

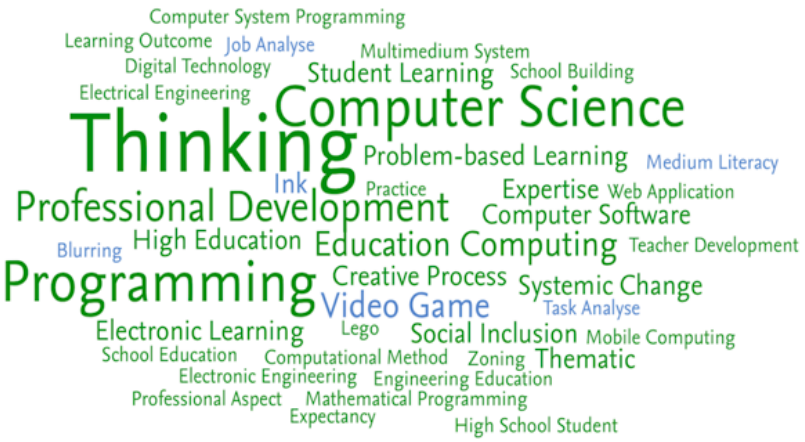

Figura 1. Palabras clave de las publicaciones por relevancia. Fuente: Elaboración propia basada en 19 publicaciones (Scival, 2021).

Los procesos para fomentar el aprendizaje computacional requieren de la experimentación. McGee et al. (2018) investigaron los patrones en el desarrollo de las prácticas de pensamiento computacional indicando que la expectativa-valor de los estudiantes para la informática influyó positivamente en el aprendizaje de los estudiantes. En otro estudio, McGee et al. (2019) analizaron la experiencia en programación, ubicando que los estudiantes parecen desarrollar la comprensión y la planificación antes de la experiencia en la generación de programas, además, parecen desarrollar su experiencia en tareas concretas antes que en tareas abstractas. El aprendizaje experiencial requiere postular actividades activas de aplicación para fomentar el pensamiento computacional.

En este sentido, los profesores requieren también visualizar las prácticas cotidianas para las estrategias que usarán al fomentar el pensamiento computacional. Monjelat (2019) analizó el proceso que siguen los profesores al acercarse a los contenidos de pensamiento computacional, encontrando que, el desarrollo profesional relacionado con la programación, se propuso como un proceso cercano a la realidad cotidiana de los docentes, destacando la importancia de generar prácticas educativas mediadas y situadas. Falkner et al. (2018) exponen la experiencia de un curso masivo abierto en línea de Tecnologías Digitales del CSER, cuyo objetivo es fomentar la confianza y la conciencia de las habilidades fundamentales de pensamiento computacional para los profesores.

2.2. El pensamiento computacional en diversas disciplinas

El pensamiento computacional tiende a relacionarse más con las disciplinas de ciencias computacionales o ingeniería. Sin embargo, Madeira (2017) enfatiza que todavía no estamos enseñando a nuestros jóvenes estudiantes que la tecnología también puede utilizarse para crear nuevos conocimientos y que es urgente reorientar los esfuerzos para estimular el pensamiento computacional en las escuelas. Incluso, en los mismos estudiantes de ingeniería, varía el nivel de pensamiento computacional y se requiere fomentar su desarrollo. Brophy & Lowe (2017) afirman que algunos estudiantes de ingeniería entran en la universidad con una sólida formación en computación, mientras que otros no tienen ninguna experiencia y ubicaron que la progresión en el aprendizaje de dos lenguajes de programación es fundamental para desarrollar la capacidad de un estudiante de generalizar entre varias herramientas computacionales.

Si bien es cierto que el pensamiento computacional se ha distinguido por ubicarse en las ciencias computacionales, estas habilidades pueden promoverse en las diferentes disciplinas. En la Figura 2 se ubican las áreas donde se han ubicado las publicaciones de pensamiento computacional en los últimos cinco años, destacando las ciencias computacionales, seguido de las ciencias sociales y la ingeniería. Se ubican posibilidades para incrementar el trabajo en áreas como artes, humanidades y negocios. La búsqueda se realizó en Scival, el 24 de marzo de 2021 con 16 publicaciones sobre el tema.

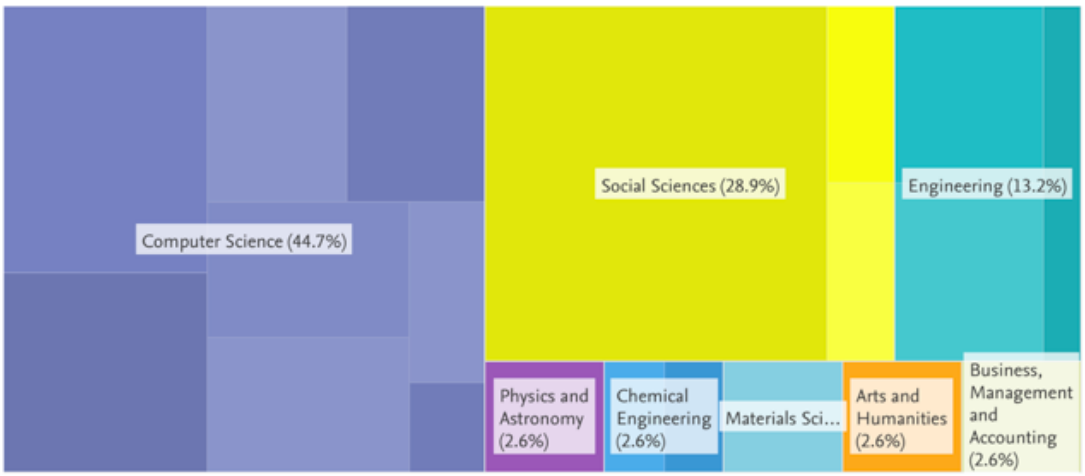

Figura 2. Disciplinas enunciadas en las publicaciones usando como búsqueda "pensamiento computacional". Fuente: Elaboración propia basada en 19 publicaciones (Scival, 2021).

Los procesos de habilidades como el razonamiento lógico y la resolución de problemas son inherentes a las diversas disciplinas, niveles educativos y distintos tipos de educación (formal, no formal, informal). Calderon y Ebers (2018) enfatizan que se ha echado de menos la aplicación de habilidades propias del área, como el desarrollo del razonamiento lógico, el pensamiento algorítmico y la resolución de problemas, tanto en el currículo escolar, como en las instancias de aprendizaje informal de los alumnos. Enriquez et al. (2016) analizó el desarrollo del pensamiento computacional de los profesionales de la tecnología y utilizó un robot como elemento didáctico para motivar el proceso de generación de pensamiento computacional en estudiantes de nivel medio superior.

2.3. Estrategias para el desarrollo del pensamiento computacional

La innovación educativa que postula por diversas estrategias, para fomentar mejoras en los aprendizajes, tiene en el fomento del pensamiento computacional algunos retos. Arroyo et al (2021) ubicaron el reto de herramientas de software específicas que emularon escenarios realistas, con base en ello propusieron un recurso educativo basado en la nube que despliega y orquesta todo un entorno de programación de software realista "ACTaaS" que proporciona una forma sencilla, rápida y automática de configurar un entorno profesional integrado sin que suponga una sobrecarga para el profesor, y proporciona un acceso ubicuo al entorno.

Las posibilidades de estrategias innovadoras también ofrecen alternativas para desarrollar el pensamiento computacional. Las herramientas de creación de juegos y los programas educativos que incorporan la creación de juegos, pueden promover los resultados de los estudiantes, que van desde la alfabetización mediática hasta el desarrollo del pensamiento computacional y un mayor interés en las ciencias de la computación (Gee & Tran, 2015). Otra propuesta la elaboraron Isvik et al. (2020) a través de "FLAMES", que consiste en un programa de prácticas de verano de 8 semanas en institutos dirigido por el departamento de informática de una universidad, donde los estudiantes están formados para ayudar a los profesores en el desarrollo de planes de estudio basados en el pensamiento computacional para sus aulas.

3. Metodología

3.1. Participantes y procedimiento

Se utilizó un diseño de estudio transversal y de muestreo por conveniencia a partir de la aplicación de una encuesta autoadministrada en una muestra de estudiantes de pregrado de dos universidades mexicanas, una

pública y una privada (n = 95). La recopilación de datos se realizó a través de una encuesta en línea, generada y distribuida en SurveyMonkey. Previamente a la contestación de la escala, se informó a los estudiantes del propósito de la investigación y del tratamiento anónimo de sus datos. El consentimiento informado por parte de cada participante fue un requisito imprescindible para participar en el estudio.

Los participantes respondieron preguntas relacionadas con sus datos sociodemográficos y una escala para evaluar el pensamiento computacional. El período de recolección de datos se inició en enero de 2021 y finalizó en febrero del mismo año.

En concreto, la muestra se definió por 46 hombres y 49 mujeres, con edades comprendidas entre los 19 y 30 años (M = 21.46; SD = 2.46). La Tabla 1 recoge los datos sociodemográficos de los participantes.

	n	%
Sexo		
Hombre	46	48.42
Mujer	49	51.58
Edad		
<21	45	47.37
21-35	50	52.63
Área disciplinar		
Ingeniería	26	27.37
Informática Administrativa	19	20.00
Psicología	50	52.63
Nivel de dominio de software		
Básico	21	22.10
Medio	39	41.06
Avanzado	28	29.47
Profesional	4	4.21
Experto	3	3.16
Cursos de formación sobre informática o similares		
Sí	51	53.68
No	44	46.32
Número de dispositivos en el hogar		
1 a 4	42	44.21
5 a 9	40	42.10
> 9	13	13.69
Nivel de terminación de los estudios matriculados		
Del 0 al 25%	3	3.16
Del 26 al 50%	43	45.26
Del 51 al 75%	19	20.00
Del 76 al 100%	30	31.58
Nivel educativo de los padres		
Primaria	2	2.10
Secundaria	8	8.43
Bachillerato	22	23.16
Licenciatura	43	45.26
Especialidad	1	1.05
Maestría	16	16.84
Doctorado	3	3.16
Percepción de utilidad de los conocimientos tecnológicos en su futuro profesional		
Sí	95	100
No	0	0
Percepción de utilidad de los conocimientos tecnológicos para desenvolverse en la sociedad		
Sí	95	100
No	0	0

Tabla 1. Datos sociodemográficos. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Medición

3.2.1. Medidas sociodemográficas

Las variables sociodemográficas analizadas fueron el sexo, la edad, área disciplinar de los estudios matriculados, nivel de dominio de software de oficina y productividad personal, realización de cursos de formación sobre tecnología, informática o similares, número de dispositivos electrónicos en casa (computadoras, celulares, tabletas), nivel de terminación de los estudios matriculados, nivel educativo de los padres, percepción de utilidad sobre los conocimientos tecnológicos en el futuro profesional, y percepción de utilidad sobre los conocimientos tecnológicos para desenvolverse adecuadamente en la sociedad.

Para la categorización de los rangos de la variable de edad se optó por utilizar la división establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), que establece los siguientes rangos: menor de 20 años (adolescente); y entre 21-35 años (adulto joven).

3.2.2. Computational Thinking Scales (CTS)

El pensamiento computacional se evaluó con la aplicación de la Computational Thinking Scales (CTS) (Korkmaz, Çakir & Özden, 2017). La CTS mide el nivel de pensamiento computacional a partir de 29 ítems, con un modo de respuesta basado en una escala Likert de cinco niveles (1 = nunca; 5 = siempre). A su vez, la escala se divide en cinco dimensiones que recogen datos individuales sobre la creatividad (ocho ítems), pensamiento algorítmico (seis ítems), cooperatividad (cuatro ítems), pensamiento crítico (cinco ítems), y resolución de problemas (seis ítems). Las puntuaciones de la escala oscilan entre 29 y 145 puntos, las puntuaciones más altas se asocian con un mayor nivel de pensamiento computacional. Las propiedades psicométricas y consistencia interna de la CTS recogidas en sus múltiples aplicaciones son adecuadas (Korkmaz & Bai, 2019; Hava & Koyunlu-Ünlü, 2021; Tsai, Liang, & Hsu, 2020). La fiabilidad obtenida en este estudio a través del coeficiente Alfa de Cronbach fue buena (α = .828).

3.3. Análisis de datos

En el análisis de datos se utilizaron distintas pruebas estadísticas. En primer lugar, se calcularon los valores medios y desviaciones típicas por cada variable independiente. Mientras que, en segundo lugar, se comprobaron las posibles existencias de diferencias significativas entre grupos a través de la prueba T para muestras independientes cuando fue una comparación entre dos grupos (sexo, formación, terminación de los estudios, percepciones), y la prueba ANOVA cuando fueron más de dos grupos (edad, área disciplinar, nivel de dominio, número de dispositivos, nivel educativo de los padres).

Cabe mencionar que, aunque se midieron percepciones por parte de los estudiantes acerca de la relevancia de conocer tecnologías para su desarrollo profesional y social, todos coincidieron a favor, por lo que no fue posible contrastar grupos. Dichos análisis fueron, por lo tanto, omitidos.

El análisis de los datos se efectuó con ayuda de los paquetes estadísticos IBM SPSS, versión 23 (IBM Corp., Armonk, NY).

4. Resultados

Las siguientes subsecciones muestran los resultados obtenidos en las pruebas estadísticas. Primero se muestran las estadísticas descriptivas de las variables, seguidas de los análisis de diferencia de medias.

4.1. Medias y desviaciones típicas para variables

Los resultados de mínimos, máximos, medias y desviaciones estándar por variable se muestran en la tabla 2.

De los resultados de la tabla 2, es importante notar que las variables independientes (componentes de

Pensamiento Computacional), tienen valores reflejados como promedios en escala tipo Likert de 5 puntos. Por lo tanto, los valores mínimo y máximo posibles son 1 y 5 respectivamente. Por otro lado, la escala de Pensamiento Computacional obedece a la suma de los valores de las 29 variables, por lo que el valor mínimo posible es 29 y el máximo es 145. Por ello, las variaciones estándar son comparables entre componentes, pero no con Pensamiento Computacional. Es destacable que los componentes que presentan mayor variación en la muestra son Pensamiento Algorítmico y Cooperatividad. Resulta interesante esta observación inicial ya que ambos componentes tienen naturalezas muy distintas. Mientras que el primero puede asociarse directamente al desarrollo de pensamiento estructurado que podría esperarse que se desarrollara más en un ingeniero o en un informático, la Cooperatividad es función de la capacidad y costumbre de trabajo en equipo.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Creatividad	95	3.250	5.000	4.135	.360
Pensamiento Algorítmico	95	1.500	4.666	3.178	.773
Cooperatividad	95	2.000	5.000	3.852	.796
Pensamiento Crítico	95	2.600	4.800	3.893	.517
Solución de Problemas	95	2.666	4.833	3.747	.491
Pensamiento Computacional	95	90	131	109.520	10.288
N válido (por lista)	95				

Tabla 2. Datos estadísticos descriptivos por variable. Fuente: Elaboración propia.

4.2. Comparación de medias para las variables

4.2.1. Diferencias por sexo

Al realizar una prueba T para observar posibles diferencias de medias entre mujeres y hombres para el Pensamiento Computacional y sus componentes, los resultados no resultaron significativos, salvo para el componente de Pensamiento Algorítmico. Para mujeres, el valor de la media fue de 2.96, mientras que para los hombres fue de 3.41. La significancia fue fuerte, ya que se obtuvo un valor de $p = 0.004$. Cabe mencionar, que la variación estándar fue mayor para mujeres. Todos estos resultados deben ser tomados con cautela, ya que estos efectos pueden estar fuertemente influenciados por el área disciplinar, siendo que de manera común hay mayor frecuencia de mujeres en el área de Psicología que en Ingeniería. Esto también puede explicar la mayor variación estándar entre mujeres, al encontrarse el efecto de las que están en áreas de Informática e Ingeniería. Dada la existencia de factores alternativos, es difícil considerar la diferencia en Pensamiento Algorítmico como un hecho, sin embargo tampoco puede descartarse, especialmente por haber sido el único factor con diferencias, a pesar de que el efecto de la distribución de género entre áreas disciplinares es igual para todos los componentes.

4.2.2. Diferencias por área disciplinar

Con el fin de observar si había diferencias significativas en los valores de Pensamiento Computacional y/o en alguno de sus componentes, se realizó una prueba de análisis de varianza (ANOVA) con tres grupos: Psicología, Informática e Ingeniería. Los resultados y algunos descriptivos complementarios se pueden observar en la tabla 3.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Área disciplinar	N	Media	Desviación estándar
Creatividad	Entre grupos	0.1	2	0.05	0.380	0.685	Psicología	50	4.16	0.41
	Dentro de grupos	12.108	92	0.132			Informática	19	4.08	0.28
	Total	12.208	94				Ingeniería	26	4.13	0.31
							Total	95	4.14	0.36
Pensamiento Algorítmico	Entre grupos	21.039	2	10.52	27.454	0.000	Psicología	50	2.82	0.68
	Dentro de grupos	35.252	92	0.383			Informática	19	3.11	0.63
	Total	56.291	94				Ingeniería	26	3.92	0.46
							Total	95	3.18	0.77
Cooperatividad	Entre grupos	1.791	2	0.895	1.426	0.246	Psicología	50	3.82	0.77
	Dentro de grupos	57.771	92	0.628			Informática	19	3.67	0.89
	Total	59.562	94				Ingeniería	26	4.06	0.77
							Total	95	3.85	0.80
Pensamiento Crítico	Entre grupos	1.846	2	0.923	3.639	0.030	Psicología	50	3.84	0.53
	Dentro de grupos	23.339	92	0.254			Informática	19	3.73	0.42
	Total	25.185	94				Ingeniería	26	4.11	0.51
							Total	95	3.89	0.52
Solución de Problemas	Entre grupos	2.17	2	1.085	4.860	0.010	Psicología	50	3.65	0.48
	Dentro de grupos	20.544	92	0.223			Informática	19	3.66	0.51
	Total	22.715	94				Ingeniería	26	3.99	0.43
							Total	95	3.75	0.49
Pensamiento Computacional	Entre grupos	2151.979	2	1075.99	12.695	0.000	Psicología	50	106.60	9.66
	Dentro de grupos	7797.747	92	84.758			Informática	19	106.58	9.37
	Total	9949.726	94				Ingeniería	26	117.27	8.11
							Total	95	109.52	10.29

Tabla 3. Descriptivos de tres grupos para área disciplinar. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 3, las medias de Pensamiento Computacional muestran una diferencia muy significativa (P>0.01**), siendo la de mayor valor la correspondiente a ingeniería, lo cual es, de cierta manera intuitivo, al menos con respecto al grupo de Psicología. Llama la atención, sin embargo, que la media de Psicología y la de Informática parecen ser casi iguales, con diferencia de decimales. Esto abre la necesidad de estudiar variaciones por componente.

Primeramente, el componente de Creatividad es mayor para los alumnos de Psicología. Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa, al menos al comparar los tres grupos simultáneamente. Algo similar ocurre con el componente de Cooperatividad, donde los alumnos de Ingeniería parecen tener el liderazgo y los de Informática son los rezagados. Nuevamente, esta diferencia no es significativa en la ANOVA. El componente con mayor diferencia significativa es el de Pensamiento Algorítmico, donde los alumnos de Ingeniería tienen el mayor valor, seguidos por los de Informática y dejando a los de Psicología al final.

Con significancia menor (p<0.05*) se encuentran las diferencias para Pensamiento Crítico y para Solución de Problemas. En ambos factores destacan los estudiantes de Ingeniería. Para Pensamiento Crítico, por otro lado, los estudiantes de Psicología parecen tener una pequeña ventaja. Para solución de problemas, los del grupo de Informática sobresalen por solo 0.01 de diferencia de los de Psicología.

Con el fin de verificar la significancia entre grupos, se procedió a hacer comparaciones por pares por medio de pruebas T. En la comparación entre Psicología e Informática, la diferencia mayor aparente era en Pensamiento Algorítmico en favor de los últimos. Sin embargo, es curioso observar que ninguna de las diferencias fue estadísticamente significativa.

La segunda comparación se hizo entre los grupos de Psicología e Ingeniería. En este caso, ni Creatividad ni Cooperatividad resultaron ser significativamente distintas entre los dos grupos. En observación directa, fueron precisamente estos factores donde el grupo de Psicología tuvo una pequeña ventaja aritmética. En contraste, Pensamiento Computacional, Pensamiento Algorítmico y Solución de Problemas fueron diferentes con alta significancia (p>0.01**) y, en menor grado, Pensamiento Crítico (p>0.05*). En todos los casos significativos, los puntajes del grupo de Ingeniería fueron mayores a los del grupo de Psicología.

Finalmente, en la comparación entre los grupos de Ingeniería e Informática, al igual que en la comparación anterior, no hubo diferencias en Creatividad ni Cooperatividad. Alta significancia se obtuvo para las diferencias entre grupos en Pensamiento Computacional y Pensamiento Algorítmico. Menos significativas fueron las diferencias en Pensamiento Crítico y Solución de Problemas. Es inesperada la gran diferencia entre estos grupos con respecto al Pensamiento Algorítmico por dos razones. Por un lado, es una característica fundamental a desarrollar por alguien que se dedica a la Informática. Por otro lado, la estrecha correlación que tiene con la Solución de Problemas que, si bien resulta ser significativamente diferente entre grupos, no lo es fuertemente.

Es importante ejercer cautela en la interpretación de estos resultados, ya que puede haber efectos alternos como la institución en que se estudia, o bien el hecho que las muestras comparadas no tienen el mismo tamaño.

Aún más interesante resulta ver que no existan diferencias significativas entre los estudiantes de Psicología y los de Informática, dado las grandes diferencias que aparentemente tienen estas dos profesiones. La igualdad en el Pensamiento Crítico, sin embargo, no es sorpresiva pues es crucial para ambos grupos. Merece la pena estudiar estos resultados en mayor detalle en futuras ocasiones.

4.2.3. Diferencias con base en el dominio de TIC

Un análisis de varianza se realizó para determinar diferencias entre los grupos de acuerdo con su nivel previo de dominio de TIC. Este se acotó al manejo de software de oficina y de productividad personal, categorizando los niveles de dominio como básico, medio, avanzado, profesional y experto. El análisis fue altamente significativo para Pensamiento Computacional, Pensamiento Algorítmico y Solución de Problemas. Diferencias significativas en menor grado se hallaron para Pensamiento Crítico. Creatividad y Cooperatividad no mostraron efectos notables.

Adicionalmente, se realizó una prueba T para observar diferencias entre quienes han tomado cursos previos de TIC y quienes no lo han hecho. El único factor que resultó tener una diferencia y muy significativa ($p>0.01^{**}$) fue el Pensamiento Algorítmico. Esto fortalece la polémica de los resultados del grupo de Informática en este rubro.

Finalmente, la abundancia de dispositivos, como un proxy para acceso y dominio informático y tecnológico solo arrojó diferencias moderadamente significativas ($p<0.05^{*}$), en el análisis de varianza correspondiente, también para el factor de Pensamiento Algorítmico.

4.2.4. Diferencias por nivel de estudios

Se calculó el porcentaje de avance en el plan de estudios de cada estudiante y se le clasificó en uno de tres grupos, cada uno correspondiente a su ubicación en tercios del total de semestres: inicial, intermedio y avanzado. Se aplicó un análisis de varianza, dando como resultado diferencias muy significativas para el Pensamiento Algorítmico y moderadamente significativas para el Pensamiento Computacional. Para los demás factores, este aspecto resultó irrelevante.

Por otro lado, se buscó ver si el nivel de estudios alcanzado por los padres tenía algún tipo de influencia. Para ello, se midieron 8 niveles, desde algo de educación primaria, hasta el doctorado. Los resultados sugieren una influencia moderadamente significativa en la diferencia de medias por nivel educativo de los padres para el desarrollo de Pensamiento Crítico y del Pensamiento Computacional general. Es razonable esperar que, en familias donde el nivel general de formación sea mayor, la naturaleza de las conversaciones lleve a una reflexión más profunda de problemáticas, que resulten en facilitar el desarrollo de esta característica.

5. Conclusiones

El estudio partió de la pregunta ¿Cuáles son las diferencias en las dimensiones del pensamiento computacional entre áreas disciplinares de estudiantes de pregrado? Los resultados ubicaron que sí había

diferencias con los estudiantes de ingeniería que tienen mayor pensamiento crítico, algorítmico, solución de problemas. En cooperación y creatividad no se ubicaron diferencias significativas entre estudiantes de psicología, informática administrativa e ingeniería. El estudio aportó datos que pueden ser de valor para fomentar este tipo de pensamiento en diversas disciplinas, tanto desde la intencionalidad en los programas, como en la ubicación de pensamientos concretos (como el pensamiento algorítmico, uso de tecnologías, por ejemplo).

La integración en los diversos planes de estudio del fomento de pensamiento computacional debe ser intencional para obtener resultados de aprendizaje que apoyen la resolución de problemas y la creatividad. En las disciplinas analizadas en el estudio se ubicó que, los aspectos de creatividad y cooperatividad, tuvieron resultados similares para las tres áreas, pero no es un factor contundente, lo interesante es agruparlas en pares para su análisis. No hubo diferencia significativa entre Psicología e Informática. Los datos relevantes resultaron al comparar Ingeniería con las otras disciplinas; se encontró que los alumnos de Ingeniería fueron más altos en pensamiento computacional y pensamiento algorítmico, mientras que se encontró un resultado muy parecido, al comparar contra Informática. Psicología destaca en creatividad pero tampoco es clara esta ventaja. Las referencias consultadas no nos dan datos parecidos, pero esto es debido al estudio transdisciplinar del perfil de los estudiantes consultados. De nueva cuenta, el análisis del tipo de materias en la currícula de las diferentes carreras, puede dar señales claras para el desarrollo de estas habilidades. No necesariamente deben ser las mismas materias, si no el trabajo al interior del alcance y pertinencia de las materias en sus competencias declaradas para los estudiantes.

La secuencia curricular del pensamiento computacional, conviene ubicarse a lo largo de los planes de estudio, con secuencias de cursos y/o de periodos programáticos. En el estudio, el grado de avance en los alumnos de acuerdo a su semestre de estudio, marcó principalmente diferencia en el aspecto de pensamiento algorítmico. Las variaciones encontradas por grupo de semestres e incluso por el grado académico de los padres de los estudiantes fueron irrelevantes. La declaratoria de competencias a desarrollar es necesaria, como lo dictan algunas de las referencias consultadas. Es necesario poder dar un seguimiento y generar un plan de desarrollo para esta característica, si bien en niveles de preparatoria es complicado, los niveles de alcance podrían ser monitoreados conforme los alumnos van pasando a semestres más altos.

En el desarrollo del pensamiento computacional de diversas disciplinas es sustancial trabajar con pensamiento algorítmico. De acuerdo al análisis realizado, se observó que la disciplina de estudio, establece la presencia del pensamiento algorítmico como variable significativa. Hubo una clara variación en las respuestas de los alumnos, relativa a la disciplina a la cual pertenecen, en las respuestas obtenidas. En lo general, para el pensamiento computacional resultó más elevado el resultado para alumnos del área de ingeniería, con resultados muy similares para psicología e informática. Esto parece ser lo esperado, al revisar que los perfiles académicos de los alumnos tienen un enfoque particular con ese tipo de materias, como se observó en Hava y Koyunlu-Ünlü (2021). Es importante considerar la pertinencia de la inclusión de materias donde la lógica de pensamiento sea reforzada, esto es, el análisis estructural de ideas y a la postre lo que caracteriza a un algoritmo, sea motivo de preparación del estudiante, a pesar de la disciplina.

Trabajar con pensamiento computacional requiere la integración del uso de tecnologías en las experiencias de aprendizaje. En este estudio, el dominio de las TIC, junto con el pensamiento algorítmico, denota diferencias en cuanto a su resultado para las disciplinas consultadas. Las diferencias entre áreas sólo fueron significativas para el pensamiento algorítmico en alumnos de Ingeniería, de acuerdo con las pruebas establecidas y explicadas anteriormente. Podría esta idea ser contrastada con McGee et al. (2019), donde los estudiantes parecen desarrollar su experiencia con tareas concretas antes de las tareas abstractas, característica propia de uso de las TIC y posteriormente para el pensamiento computacional. La temprana incorporación de herramientas de TIC en la formación de estudiantes, y no solo en su uso generalizado, es importante para el desarrollo del pensamiento algorítmico en su futuro.

El género es un factor para seguir estudiando el pensamiento computacional en las diversas disciplinas. En

este estudio, no hubo diferencia significativa en la presencia de pensamiento computacional, por género. Los resultados de las encuestas y posterior análisis arrojan un factor sin relacionar al respecto del género, como se puede observar en las tablas, si bien el pensamiento algorítmico si fue variante, se atribuye al hecho del área disciplinar por la variación encontrada. Tal como en Espino (2015), se encontró que no hay diferencias significativas de género en las habilidades relacionadas con la programación y el aprendizaje del pensamiento computacional, tanto mujeres como hombres, estudiantes, procesan y aprenden información equitativamente. La elección de la disciplina es más relevante para el desarrollo del pensamiento computacional y no lo es tanto el género.

En la investigación presentada se ubican alcances y limitaciones. Por un lado, las habilidades de pensamiento computacional y sus factores principales, fueron el objetivo para lo cual se establecieron encuestas en escenarios reales para alumnos de pregrado con diferentes características, lo cual resultó novedoso en los ambientes educativos. Por otro lado, faltó considerar más parámetros que pudieran relacionar los aspectos señalados, una mayor diversidad en género o más representación en la cantidad de alumnos, son factores que acotaron el alcance de este estudio.

Así, mientras que unos aspectos no marcaron diferencia significativa resaltaron si los aspectos de pensamiento computacional y algorítmico. Se puede inferir que el área de estudio y la motivación de los alumnos encuestados se denota en los resultados obtenidos. Este resultado es un factor a considerar para la práctica educativa. Destaca la diferencia en cuanto al pensamiento algorítmico, lo cual nos lleva a considerar que la capacidad de entender, desarrollar y probar algoritmos, conlleva un fuerte desarrollo hacia el pensamiento computacional.

En medio de un escenario de educación mundial, marcado fuertemente por las tecnologías disponibles actuales y diversidad de herramientas, el pensamiento computacional debe ser considerado como una herramienta fundamental en un contexto actual; más en particular, la solución a situaciones y problemas, es a través de un conjunto ordenado, acotado y factible, de un conjunto de operaciones que permite encontrar soluciones a problemas en lo general. Se deja la pauta para poder llevar este estudio a más disciplinas y abarcar otros aspectos y parámetros como tipos de escuela, variación en los alumnos y diferentes grados de estudio.

Cómo citar este artículo / How to cite this paper

Rodríguez-Abitia, G.; Ramírez-Montoya, M. S.; López-Caudana, E. O.; Romero-Rodríguez, J. M. (2021). Factores para el desarrollo del pensamiento computacional en estudiantes de pregrado. *Campus Virtuales*, 10(2), 153-164. (www.revistacampusvirtuales.es)

Referencias

Arroyo, A. C.; Montes, M. R.; Quilis, J. D. S. (2021). A pilot experience with software programming environments as a service for teaching activities. Applied Sciences (Switzerland), 11(1), 1-15. doi:10.3390/app11010341.

Brophy, S. P.; Lowe, T. A. (2017). A learning trajectory for developing computational thinking and programming. In ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings 2017.

Calderon, J. F.; Ebers, J. (2018). Problock: A tool for computational thinking development using problem-based learning. In Proceedings - International Conference of the Chilean Computer Science Society, SCCC, 2017. doi:10.1109/SCCC.2017.8405132.

da Silva, T. S. C.; de Melo, J. C. B.; Tedesco, P. (2020). The creative process in the development of computational thinking in higher education. In CSEDU 2020 - Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Education (pp. 215-226).

Dettori, L.; Greenberg, R. I.; McGee, S.; Reed, D.; Wilkerson, B.; Yanek, D. (2018). CS as a graduation requirement: Catalyst for systemic change. In SIGCSE 2018 - Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 406-407). doi:10.1145/3159450.3159646.

Dragon, T. (2019). Support of teacher's work in the field of development of computational thinking through e-learning resources. In ACM International Conference Proceeding Series (pp. 131-135). doi:10.1145/3345120.3352738.

Enriquez, C.; Aguilar, O.; Domínguez, F. (2016). Using robot to motivate computational thinking in high school students. IEEE Latin America Transactions, 14(11), 4620-4625. doi:10.1109/TLA.2016.7795838.
Espino, E. E. E.; Soledad, C.; González, C. S. G. (2015). Estudio sobre diferencias de género en las competencias y las estrategias educativas para el desarrollo del pensamiento computacional. Revista de Educación a Distancia (RED), (46).
Falkner, K.; Vivian, R.; Falkner, N. (2018). Supporting computational thinking development in K-6. In Proceedings - 2018 6th International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering (pp. 126-133). doi:10.1109/LaTICE.2018.00031.
Gee, E. R.; Tran, K. M. (2015). Video game making and modding. Handbook of research on the societal impact of digital media (pp. 238-267). doi:10.4018/978-1-4666-8310-5.ch010.
Hava, K.; Koyunlu-Ünlü, Z. (2021). Investigation of the Relationship Between Middle School Students' Computational Thinking Skills and their STEM Career Interest and Attitudes Toward Inquiry. Journal of Science Education and Technology (in press). doi:10.1007/s10956-020-09892-y.
Korkmaz, O.; Bai, X. (2019). Adapting computational thinking scale (CTS) for chinese high school students and their thinking scale skills level. Participatory Educational Research, 6(1), 10-26. doi:10.17275/per.19.2.6.1.
Korkmaz, O.; Çakir, R.; Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). Computers in Human Behavior, 72, 558-569. doi:10.1016/j.chb.2017.01.005.
Hadad, S.; Shamir-Inbal, T.; Blau, I.; Leykin, E. (2021). Professional development of code and robotics teachers through small private online course (SPOC): Teacher centrality and pedagogical strategies for developing computational thinking of students. Journal of Educational Computing Research, 59(4), 763-791. doi:10.1177/0735633120973432.
Israel-Fishelson, R.; Hershkovitz, A.; Eguíluz, A.; Garaizar, P.; Guenaga, M. (2021). The associations between computational thinking and creativity: The role of personal characteristics. Journal of Educational Computing Research, 58(8), 1415-1447. doi:10.1177/0735633120940954.
Isvik, A.; Catete, V.; Barnes, T. (2020). FLAMES: A socially relevant computing summer internship for high school students. In 2020 Research on Equity and Sustained Participation in Engineering, Computing, and Technology, RESPECT 2020 – Proceedings. doi:10.1109/RESPECT49803.2020.9272515.
Madeira, C. (2017). Introduction to computational thinking with scratch. In CEUR Workshop Proceedings (pp. 725-730).
McGee, S.; Duck, J.; Greenberg, R. I.; Rasmussen, A. M.; Reed, D. F.; McGee-Tekula, R.; Dettori, L. (2019). An examination of the correlation of exploring computer science course performance and the development of programming expertise. In SIGCSE 2019 - Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 1067-1073). doi:10.1145/3287324.3287415.
McGee, S.; McGee-Tekula, R.; Duck, J.; McGee, C.; Dettori, L.; Greenberg, R. I.; ...; Brylow, D. (2018). Equal outcomes 4 all: A study of student learning in ECS. In SIGCSE 2018 - Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 50-55). doi:10.1145/3159450.3159529.
Monjelat, N. (2019). Programming technologies for social inclusion with scratch: Computational practices in a teacher's professional development course. [Programación de tecnologías para la inclusión social con Scratch: Prácticas sobre el pensamiento computacional en la formación docente]. Revista Electronica Educare, 23(3). doi:10.15359/ree.23-3.9.
Organización Mundial de la Salud – OMS (2017). Ciclo de vida. (https://bit.ly/2M5jsh5).
Rodríguez del Rey, Y. A.; Cawanga Cambinda, I. N.; Deco, C.; Bender, C.; Avello-Martínez, R.; Villalba-Condori, K. O. (2021). Developing computational thinking with a module of solved problems. Computer Applications in Engineering Education, 29(3), 506-516. doi:10.1002/cae.22214.
Scival (2021). Herramienta de Scopus. (https://www.scival.com/landing).
Tsai, M. J. ; Liang, J. C. ; Hsu, C. Y. (2020). The Computational Thinking Scale for Computer Literacy Education. Journal of Educational Computing Research. doi:10.1177/0735633120972356.
Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 366(1881), 3717-3725. doi:10.1098/rsta.2008.0118.