Capítulo 9

¿Cómo resolver problemas de Optimización Combinatoria ayuda a desarrollar el Pensamiento Computacional?

David Martínez-Galicia [1], *Judith Agueda Roldán Ahumada* [1] y *Marcela Quiroz-Castellanos* [1]

[1] Universidad Veracruzana.
DavidGalicia@outlook.es, jara2678@gmail.com, maquiroz@uv.mx

Resumen. La Optimización Combinatoria es una rama de las Matemáticas Aplicadas y de las Ciencias de la Computación, relacionada con encontrar combinaciones de elementos simples para formar soluciones complejas. La combinatoria es una tarea innata para el ser humano, y se encuentra inmersa en casi todas las actividades de la vida diaria. La enseñanza de estrategias para generar posibles combinaciones, validar las soluciones correctas y encontrar la solución óptima son los objetivos de estudio en asignaturas de Optimización Combinatoria. En los últimos años, el pensamiento computacional ha formado parte del debate sobre las asignaturas de la educación obligatoria de numerosos países. Se ha planteado que el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en niños y jóvenes debe fortalecer y facilitar su pensamiento creativo, sus destrezas de comunicación a través de una variedad de medios, sus competencias para resolver problemas del mundo real y sus capacidades para analizar temas cotidianos desde una perspectiva diferente. En este artículo se plantean algunos de los beneficios de estudiar Optimización Combinatoria con la finalidad de que el lector visualice la importancia de considerar esta disciplina como parte de los contenidos en un curso de pensamiento computacional, pues permite potencializar habilidades para la solución de problemas y desarrollar un pensamiento computacional más profundo, por medio de abstracciones más inteligentes o sofisticadas, y el análisis de problemas de gran escala y sus posibles soluciones.

Palabras clave. Pensamiento computacional, optimización combinatoria, modelado de problemas, resolución de problemas.

9.1 Optimización Combinatoria como potenciador del Pensamiento Computacional

El pensamiento computacional se puede definir como un conjunto de habilidades que permiten tanto formular problemas específicos, como plantear sus soluciones [1]. Entre este conjunto de habilidades se pueden reconocer cuatro piedras angulares: la capacidad de descomposición, el reconocimiento de patrones, la abstracción de subproblemas y el diseño de algoritmos. Cada una de estas habilidades ayuda a entender los requerimientos demandados por problemas complejos, y a su vez, permite evaluar las posibles vías de solución tratando de encontrar la mejor posible. Si bien, se dice que las personas que se desempeñan en el ámbito de las Ciencias Computacionales y Tecnológicas tienen más desarrollado este tipo de pensamiento por su práctica constante, esto no quiere decir que una persona ajena a este campo o con poco conocimiento sobre computadoras sea incapaz de refinar estas habilidades. El pensamiento computacional no solo se orienta a métodos de resolución de problemas, sino también se enfoca en el perfeccionamiento de técnicas de modelado, con el propósito de entender cada uno de los requerimientos y las restricciones que plantea una problemática.

El presente artículo tiene como objetivos: (1) resaltar las ventajas que brinda el estudio de la Optimización Combinatoria al desarrollo del pensamiento computacional, y (2) plantear un ejemplo de las técnicas empleadas dentro de este campo. La Optimización Combinatoria es una disciplina que busca la mejor solución dentro de un conjunto definido de soluciones para un problema [2]. Generalmente, estas soluciones se encuentran compuestas por un grupo finito de elementos que pueden ser objetos, recursos materiales e inclusive humanos [3]. La diferencia que puede indicar que una solución sea mejor que otra, puede ser una asignación de recursos, tal vez una agrupación de elementos, o un simple ordenamiento de objetos, todo esto dependerá tanto de la definición del problema como de las restricciones que tenga el mismo [4]. De esta forma, buscar la mejor configuración que satisfaga las condiciones de un problema es la tarea principal de la Optimización Combinatoria.

Aunque, actualmente esta disciplina se ha inclinado por el uso de programas computacionales, también se requiere de nociones matemáticas para poder comprender los problemas y las soluciones propuestas. Si bien, esta disciplina podría parecer difícil, la formación acertada dentro de la misma puede resultar en un desarrollo más profundo del pensamiento computacional, involucrando a los estudiantes en actividades que les permitan mejorar sus habilidades de análisis, descomposición, abstracción, solución de problemas, reconocimiento de patrones, creatividad, y comunicación de ideas en diferentes contextos.

El estudio de la Optimización Combinatoria podría brindar un puente entre los problemas de la vida diaria y el pensamiento computacional de forma que, los alumnos sean capaces de relacionar las técnicas ocupadas en una situación cotidiana, con métodos robustos para problemas complejos. A continuación, se exponen tanto los principales beneficios que brindaría el estudio de la Optimización Combinatoria, como un pequeño ejemplo práctico que será desarrollado para resaltar estos beneficios.

9.2 Beneficios del estudio de la Optimización Combinatoria

9.2.1 Las aplicaciones prácticas son intuitivas

Uno de los aspectos que se considera clave en esta disciplina, es generar técnicas que permitan solucionar problemas en la vida real, y es por eso por lo que, al tomar un curso de Optimización Combinatoria los temas siempre estarán relacionados con un problema en específico o con un conjunto de problemas parecidos. Entre los problemas más comunes que pueden estudiarse, se distinguen: encontrar la ruta más corta para realizar un recorrido, seleccionar un subconjunto de productos que sean baratos pero que a la vez sean útiles, planear de forma adecuada una lista de actividades, entre muchas otras aplicaciones. Cada uno de estos problemas pueden estar relacionados a la industria, a la docencia e inclusive a la vida cotidiana de una persona; y al ser problemas que se encuentran en el día a día es necesario abstraerlos, reconocer patrones, diseñar algoritmos y algunas veces descomponerlos en problemas que, en la literatura, se sabe como solucionar.

9.2.2 Desarrollo de habilidades para la resolución de problemas

Para resolver un problema es indispensable primero entenderlo, es decir, cuál es su objetivo, qué tipos de condiciones tiene, y qué factores hacen que una solución sea buena o inservible. Una de las habilidades de mayor relevancia en esta área, es aprender a modelar problemas esta tarea va de la mano con abstraer el problema planteado, para estas actividades es necesario seleccionar la forma adecuada la representación de una solución, definir qué tipos de soluciones se buscan y proveer formas adecuadas de evaluar las mismas que permitan diferenciar qué tipo de soluciones son mejores que otras. Si bien estas tareas prácticamente definen una primera etapa en la resolución de problemas en cualquier disciplina, específicamente en

Optimización Combinatoria estas tareas fortalecen de forma concreta la descomposición de las tareas necesarias en el proceso de resolución, el reconocimiento de métodos y estrategias que facilitan la búsqueda de soluciones, la abstracción de métodos que sirven en un dominio determinado para ser usados de forma general, y finalmente, la descripción y estructuración de forma algorítmica de cada uno de los recursos considerados en las habilidades previamente mencionadas

9.2.3 Aprender nuevas formas de resolver un problema

Cuando una persona se enfrenta a un problema, muchas veces obvia lo difícil que puede ser encontrar la mejor solución a ese problema en específico. Esta dificultad puede depender de diferentes factores, por ejemplo, porque se trata de un problema nuevo y diferente a los solucionados anteriormente, por falta de experiencia en ese contexto, porque la complejidad del problema es grande, por el gran número de soluciones para resolver ese problema, o bien, porque la estrategia que se está considerando no es la adecuada. El campo de la Optimización Combinatoria estudia el desarrollo de algoritmos heurísticos, y en este sentido, una heurística es un procedimiento que se basa en la experiencia y que facilita la búsqueda de soluciones a un problema. Este tipo de algoritmos tiene dos beneficios prácticos: (1) el primer beneficio es que puede aproximar soluciones óptimas buscando sólo en un subconjunto de estas, dicho de otra forma, evita el análisis de cualquier posible combinación que dé como resultado una solución a un problema; (2) el segundo beneficio es que los algoritmos heurísticos proveen diversos métodos para la resolución de los problemas, esta ventaja será abordada en el siguiente punto. Es importante mencionar que muchos de los problemas que trata de resolver la Optimización Combinatoria son realmente complejos, donde el número de posibles soluciones puede llegar a exceder cualquier número que la mente humana pueda imaginar; en el intento de resolver estos problemas podría ser necesario poner en práctica la habilidad de descomposición, para llevar un problema a dos o más problemas que sean más manejables que del que se partió.

9.2.4 Adquisición de distintas perspectivas para analizar un problema

Como se mencionó en la sección anterior (9.2.3), las técnicas heurísticas incorporan distintos métodos para resolver un problema, y estos métodos pueden estar basados en procesos de enfriamientos de metales, la evolución de especies, la búsqueda de un punto más alto en una superficie con relieve, y la lista sigue. Este tipo de heurísticas invita a pensar de qué otras formas se puede resolver un problema o qué se puede hacer para mejorar las estrategias de búsqueda existentes. Asimismo, este punto en general no solo obliga a entender una estrategia, también provee una visión amplía de cómo han ido evolucionando los mecanismos para resolver problemas, cuáles eran las técnicas que se empleaban hace 20 años y cuáles son las técnicas que se emplean actualmente. Con este panorama la persona que se adentre a la Optimización Combinatoria no solo tiene más herramientas para resolver un problema, sino que desarrolla o fortalece su habilidad para lidiar con la frustración, dicho de otra forma, esta persona perseverará, sin perder el ánimo, en la búsqueda de opciones de qué camino tomar si una solución a un problema no es tan adecuada como ella la imaginaba.

9.2.5 Aportaciones a la ciencia, al conocimiento y el desarrollo personal

Al desarrollarse en este campo de la ciencia, una persona no sólo obtendrá un beneficio personal como lo es el conocimiento o el desarrollo del pensamiento computacional, también puede generar nuevas investigaciones, mejores técnicas y experimentos más completos, mejorando la forma en la que se resuelven los problemas, y la forma en la que se hace investigación en este campo. Ejemplos de estas técnicas, que suelen dar mejores resultados en optimización combinatoria, son las relacionadas a Cómputo Evolutivo e Inteligencia Colectiva. Este tipo de métodos surgieron tiempo después de los algoritmos clásicos para búsqueda de soluciones en problemas combinatorios, no obstante, son unas de las técnicas más empleadas en la actualidad para encontrar soluciones óptimas a problemas combinatorios complejos. Los fundamentos y motivaciones de estas herramientas no solo muestran ingenio, sino una gran capacidad de abstracción donde personas que las ocupan o las estudian, adquieren la habilidad de hacer analogías entre eventos de la naturaleza y métodos puntuales para la búsqueda de soluciones. Así mismo, poder interpretar los resultados que ofrecen estos métodos y brindar explicaciones de su desempeño forman parte de las ventajas del desarrollo del pensamiento computacional. El perfeccionamiento de este tipo de habilidades, además de brindar una ventaja a la persona que las practica, representa un beneficio para sociedad en general si, con las habilidades y conocimientos adquiridos, se generan investigaciones y aplicaciones en contextos y problemáticas relevantes.

9.3 Ejemplo práctico de un problema combinatorio de la vida cotidiana

El siguiente ejemplo plantea una situación común donde será desarrollado cada uno de los beneficios mencionados en la lista de la sección anterior. El problema que se plantea es un caso específico del Problema de la Mochila, un problema clásico de Optimización Combinatoria [5].

9.3.1 *Las aplicaciones prácticas son intuitivas*

Ejemplo: La hermanas Distancia, Sus y Ana Distancia, fueron a visitar un centro de atención a clientes de un proveedor de telefonía debido a que Sus necesitaba un nuevo teléfono para su trabajo. Al llegar al centro de atención se encontraron con un gran anuncio con la siguiente promoción: "En la compra de dos celulares te regalamos una tarjeta con $500.00 para comprar lo que quieras de los artículos marcados de la tienda" (Tabla 9.1).

Las hermanas Distancia decidieron aprovechar la promoción y comprar también un celular para Ana con el fin de obtener la tarjeta de regalo y compartir las cosas que compraran con ella. Además de la condición que la suma de los precios de los artículos seleccionados no sea mayor a $500.00, también necesitaban que los productos no fueran tan pesados porque todavía tenían un día muy largo y no querían llevar tanto peso con ellas.

Entonces, las hermanas se dieron cuenta que debían tomar una serie de decisiones dado que tenían las siguientes preguntas:

a) ¿Qué artículos podríamos elegir para aprovechar al máximo el monto disponible de la tarjeta?
b) ¿Qué artículos tendríamos que elegir si no queremos cargar tanto y nuestra bolsa ecológica solo soporta a lo más 10 gramos de peso?

Observe que, en este punto, se plantea un problema que puede ser encontrado en la vida cotidiana y podría ser resuelto con herramientas que se brindan al estudiar Optimización combinatoria, las cuales, como se mencionó en la sección anterior, aportan en el fortalecimiento de las habilidades del pensamiento computacional. Una de esas habilidades es la abstracción, la cual ayuda a formular el problema en lenguaje matemático, en el siguiente punto se abordará más al respecto.

Tabla 9.1: Artículos marcados para la promoción.

Artículo	Costo ($)	Peso (g)
Funda de Celular	150.00	3.00
Lapicero Touch	100.00	1.00
Audífonos	250.00	1.50
Cargador	200.00	5.00
Batería Inalámbrica	450.00	10.0

9.3.2 *Desarrollo de habilidades para la resolución de problemas*

La situación en el ejemplo puede ser planteada matemáticamente a partir de su información más importante:

a) Se cuentan con 5 objetos a elegir (funda de celular, lapicero touch, audífonos, cargador y una batería inalámbrica), de los cuales sólo se podrá elegir a lo más una pieza de cada artículo para tener una lista variada de compras.
b) Las especificaciones de cada artículo contienen su peso, permitiendo crear un vector (una lista) p que represente de forma ordenada los pesos de cada artículo:
$$\boldsymbol{p} = (3.0, 1.0, 1.5, 5.0, 10).$$
c) Al igual que con el vector de pesos, se puede crear un vector c con los costos ordenados de cada artículo:
$$\boldsymbol{c} = (150, 100, 250, 200, 450).$$
d) Para indicar dentro de una solución si un artículo fue elegido, se añadirá otro vector a donde cada posición representa a un artículo; si en determinada posición existe un 0 quiere decir que no se comprará el artículo y si existe un 1 quiere decir que sí se comprará; por ejemplo, para indicar que sólo se comprará el lapicero touch se usará la siguiente representación:
$$\boldsymbol{a} = (0, 1, 0, 0, 0).$$
e) El objetivo para este problema es aprovechar al máximo el monto disponible de la tarjeta, es decir, maximizar la suma de los precios de los artículos elegidos con dos restricciones: la suma de la compra no debe sobrepasar los $500.00, ni su peso debe exceder la cantidad de 10 gramos. Este problema puede ser representado matemáticamente de la siguiente forma:
$$\max \sum_{i=1}^{5} a_i \cdot c_i,$$
sujeto a
$$\sum_{i=1}^{5} a_i \cdot c_i \leq 500$$
$$\sum_{i=1}^{5} a_i \cdot p_i \leq 10.$$

Entonces, las hermanas Distancia notaron que, a pesar de tener el problema y el objetivo ya planteados, no se ha obtenido una solución. ¿Cómo se podrían elegir los productos? ¿Qué tipo de estrategia se podría ocupar para considerar artículos que les ayuden a cumplir su objetivo? En este punto se practicaron dos habilidades del pensamiento computacional: (1) la capacidad de descomposición, al identificar la información relevante que se describe en los incisos (a)-(e). En optimización combinatoria es importante identificar los parámetros (incisos (b) y (c)), definir la representación de la solución (inciso (d)), las restricciones (inciso (a)) y el objetivo (inciso (e)), y (2) la abstracción, al representar en vectores la información y al formular el modelo matemático.

9.3.3 Aprender nuevas formas de resolver un problema

Retomando el ejemplo, una estrategia que las hermanas Distancia podrían elegir para maximizar el número de objetos y el costo total es concentrarse en los artículos más baratos, siempre y cuando la suma de sus costos no sobrepase los $500.00 ni el peso máximo de 10 gramos. Esta estrategia las llevaría a la siguiente solución:

$$\boldsymbol{a} = (1, 1, 0, 1, 0).$$

Para este caso la funda de celular, el lapicero *touch* y el cargador son seleccionados. Sin embargo, se percatan que la suma de sus costos es de $450.00 y el peso total de las compras es de 9 gramos. A pesar de cumplir con las restricciones del problema, las hermanas se preguntan: ¿podrán existir mejores soluciones que aprovechen todo el monto de la tarjeta y todo el espacio disponible?

Para seguir buscando buenas soluciones, a Sus se le ocurre la siguiente idea: '¿Por qué no nos enfocamos en los productos más caros? Tal vez, así sea más fácil ocupar toda la tarjeta de regalo'. A partir de esta estrategia, las hermanas obtienen la siguiente solución:

$$\boldsymbol{a} = (0, 0, 0, 0, 1);$$

es decir, elegir solo una batería inalámbrica. En este caso también se ha seleccionado una solución cuyo precio y peso satisfacen las restricciones. No obstante, a diferencia de la solución previa se ha reducido el número de artículos seleccionados. A partir de esta observación surgen las siguientes preguntas: ¿esta es la mejor solución? ¿Es mejor o peor que la anterior?

Tabla 9.2: Artículos marcados para la promoción y su razón Costo/Peso.

Artículo	Costo ($)	Peso (g)	Costo/Peso
Funda de Celular	150.00	3.00	50.0
Lapicero Touch	100.00	1.00	100.0
Audífonos	250.00	1.50	166.7
Cargador	200.00	5.00	40.0
Batería Inalámbrica	450.00	10.0	45.0

Ana, revisando qué estrategias se han planteado, se dio cuenta que sólo han tomado en consideración el costo de los artículos y las restricciones planteadas. A Ana se le ocurre la siguiente idea: ¿Por qué no dividimos el precio de cada objeto entre su peso? Y de esta forma podremos saber cuáles son los productos que ofrecen más barato cada gramo de su peso, y tal vez si seleccionamos los más baratos podríamos obtener una buena solución. A partir de estrategia, obtuvieron la siguiente solución:

$$\boldsymbol{a} = (1, 0, 0, 1, 1).$$

Sin embargo, Sus y Ana se percatan que el costo total de los artículos seleccionados es $800.00, que la suma de sus pesos es 18 gramos y, por lo tanto, la solución no es válida. Ana al ver decepcionada a Sus, le dice 'No te preocupes, tengo otra idea. ¿Qué te parece si a esta solución invalida le hacemos un cambio para volverla válida?'. A Sus se le ocurrió seleccionar el segundo y tercer artículo con menor razón costo peso obtenido y eliminar la batería inalámbrica, pues es el artículo que tiene mayor costo y limita comprar más objetos, de esta manera se obtuvo la siguiente solución,

$$\boldsymbol{a} = (1, 1, 0, 1, 0).$$

Notaron con sorpresa que esta solución era la misma que obtuvieron al principio, a pesar de buscarla con diferentes estrategias. Sus y Ana Distancia no tuvieron más opción que pensar en métodos más complejos para tratar de buscar soluciones mejores.

9.3.4 Adquisición de distintas perspectivas para analizar un problema

Como cierre del ejemplo, Sus y Ana Distancia no tuvieron más opción que aceptar la mejor solución que encontraron en su búsqueda, esta solución estaba compuesta de 3 artículos que costaban $450.00 y pesaban 9 gramos. Sin embargo, las hermanas se quedaron con la incertidumbre si esta era la mejor solución que podrían encontrar para el problema.

Una posible forma de abordar el problema, haciendo uso de las herramientas que se pueden adquirir en un curso de optimización combinaría, se presentará a continuación. Sea

$$\boldsymbol{a} = (0, 0, 0, 0, 0)$$

una solución inicial, la cual indica que hasta el momento ningún artículo ha sido seleccionado. Como heurística se ocupará la razón del costo entre el peso, pero en esta ocasión en vez de seleccionar los objetos con razones pequeñas, se tomará en cuenta los objetos que maximicen la misma. Ahora bien, para generar una nueva solución se propone un método un poco más elaborado que consiste en generar un conjunto de vecinos de nuestra solución actual. Un vecino es la solución resultante al aplicar una transformación a otra solución. Para este caso podría ser cambiar un digito a la vez, es decir, seleccionar una posición, si en esta hay un 0 cambiarlo por un 1 y viceversa.

Las Tablas 9.3, 4, y 5 mostrarán en detalle cómo funciona el método propuesto.

Tabla 9.3: Primer vecindario.

Solución	Costo ($)	Peso (g)	Costo/Peso
$(0,0,0,0,0)$	0.00	0.0	0.0
Vecinos	Costo ($)	Peso (g)	Costo/Peso
$(1,0,0,0,0)$	150.00	3.0	50.0
$(0,1,0,0,0)$	100.00	1.0	100.0
$(0,0,1,0,0)$	250.00	1.5	166.7
$(0,0,0,1,0)$	200.00	5.0	40.0
$(0,0,0,0,1)$	450.00	10gr.	45.0

Del primer vecindario, la mejor solución es $\boldsymbol{a} = (0,0,1,0,0)$, cuya razón es de 166.7 y representaría el primer paso del método en el segundo paso, se fija la solución inicial como la mejor solución del primer vecindario y se busca sus vecinos.

Tabla 9.4: Segundo vecindario.

Solución	Costo ($)	Peso (g)	Costo/Peso
$(0,0,1,0,0)$	250.00	1.5	166.7
Vecinos	Costo ($)	Peso (g)	Costo/Peso
$(1,0,1,0,0)$	400.00	4.5	216.7
$(0,1,1,0,0)$	350.00	2.5	266.7
$(0,0,0,0,0)$	0.00	0.0	0.0
$(0,0,1,1,0)$	450.00	6.5	206.7
$(0,0,1,0,1)$	700.00	11.5	211.7

Del segundo vecindario, la mejor solución es $\boldsymbol{a} = (0,1,1,0,0)$ cuya razón es de 266.7, esta solución se caracteriza por costar $350.00 y pesar 2.5 gramos. Como aún hay dinero y espacio disponible, se procede a generar el tercer vecindario.

La mejor solución del tercer vecindario tiene un peso total de 5.5 gramos y cuesta $500.00, el monto exacto de la tarjeta de regalo. Intuitivamente, representa una mejor solución que la encontrada por las hermanas Distancia porque a pesar de que

Tabla 9.5: Tercer vecindario.

Solución	Costo ($)	Peso (g)	Costo/Peso
$(0, 1, 1, 0, 0)$	350.00	2.5	266.7
Vecinos	Costo ($)	Peso (g)	Costo/Peso
$(1, 1, 1, 0, 0)$	500.00	5.5	316.7
$(0, 0, 1, 0, 0)$	250.00	1.5	166.7
$(0, 1, 0, 0, 0)$	100.00	1.0	100.0
$(0, 1, 1, 1, 0)$	550.00	7.5	306.7
$(0, 1, 1, 0, 1)$	800.00	16.0	311.7

tiene el mismo número de productos, reúne artículos de mayor valor, logra ocupar el monto total de la tarjeta de regalo y satisface el límite de peso.

El procedimiento descrito en el método propuesto se clasifica como una búsqueda local dentro de la Optimización Combinatoria debido a que busca el mejor vecino de la solución actual. Si bien, se logró encontrar una solución, este es un problema y un procedimiento sencillo, en comparación con los que se pueden encontrar dentro de la Optimización Combinatoria. Otro tipo de estrategias pueden surgir si se decide de vez en cuando considerar soluciones no tan buenas o considerar más de una solución a la vez. Dentro de la Optimización Combinatoria existen diversas técnicas que se basan en fenómenos intuitivos, naturales y sociales que proponen estrategias para la resolución de problemas.

En este punto se plantea, una forma de resolver el problema haciendo uso de las herramientas que se pueden aprender en optimización combinatoria y se plantean una serie de pasos a realizar que ayudan al diseño del algoritmo.

9.3.5 Aportaciones a la ciencia, al conocimiento y el desarrollo personal

Sus y Ana aplicaron el método científico para resolver un problema de la vida cotidiana. Su método de solución se basó en la observación, la predicción, la experimentación planificada, las reglas del razonamiento y la evaluación de resultados. Cada vez que ellas se enfrenten a algún problema parecido el del ejemplo buscarán soluciones apropiadas y cuando estas soluciones se establezcan como un principio general que se puede reproducir, se estará aplicando el método científico.

El ejemplo estudiado es sólo un caso particular del Problema de la Mochila. Este es un problema de Optimización Combinatoria de formulación sencilla, aunque su resolución puede llegar a ser muy compleja. El problema de la mochila aparece, directamente o como un subproblema en una gran variedad de aplicaciones, incluyendo planificación de la producción, modelización financiera, muestreo estratificado, planificación de la capacidad de instalaciones, entre otras [5].

9.4 Conclusiones

El mundo que nos rodea está lleno de opciones, problemas y situaciones que enfrentar. Los seres humanos, y muchas especies animales, han resuelto problemas a lo largo de la historia de manera intuitiva. Si bien, algunas veces pareciera que se llega a la resolución de los problemas por mera suerte, lo cierto es que, sin darse cuenta, se emplean métodos muy sofisticados basados en la percepción del entorno y en la experiencia adquirida al solucionar problemas similares.

Los problemas de combinatoria se presentan en diferentes áreas prácticas, como la industria y la logística. Dentro de estas áreas se desea continuamente optimizar objetivos, por ejemplo, disminuir tiempos, maximizar ganancias, reducir costos, entre otros. Con muchos de estos problemas, ocurre un fenómeno interesante, el número de soluciones posibles crece de forma exponencial cuando se consideran más factores de un problema. Dicho fenómeno se denomina 'explosión combinatoria'. La Optimización Combinatoria permite analizar dichos problemas, abstraerlos, descomponerlos, modelarlos, y así como aplicar diferentes estrategias de solución con el objetivo de identificar las más apropiadas según las características de un problema particular; además, brinda herramientas para plantear, de forma ordenada, las intuiciones que surgen al buscar maneras de resolver un problema evitando la explosión combinatoria. El desarrollo de estas habilidades permite ampliar, fortalecer y llevar el pensamiento computacional a un nivel más profundo.

Los conocimientos y habilidades que ofrece el estudio de la Optimización Combinatoria ayudan a tomar mejores decisiones cuando, en la vida cotidiana, se encuentra con un problema combinatorio, de elección, agrupación u orden de elementos, como el planteado en el ejemplo. Los métodos intuitivos que proponen Sus y Ana Distancia para solucionar el problema, si bien, brindan opciones válidas, no consiguen obtener una elección de elementos con los que pudieran gastar todo el dinero de la promoción. Abordar el problema con un método más elaborado, permitió encontrar una solución donde se gastaron en total los $500.00. Las hermanas Distancia, analizaban las soluciones que generaban con sus métodos, se preguntaban cómo encontrar una mejor solución y planteaban nuevas formas de mejorar sus métodos, estas actividades se hacen, en mayor escala, al estudiar Optimización Combinatoria fortaleciendo la observación, el entendimiento del método planteado y la habilidad para lidiar con la frustración. De esta forma, es importante considerar tanto las metodologías como los métodos empleados en la Optimización Combinatoria como parte de las enseñanzas o estrategias para fomentar el pensamiento computacional.

Referencias

[1] Jeannette M Wing. *Computational Thinking Benefits Society*. Social Issues in Computing. Ene. de 2014. URL: http://socialissues.cs.toronto.edu/index.html%3Fp=279.html.

[2] Alexander Schrijver. *Combinatorial Optimization: Polyhedra and Efficiency*. Algorithms and Combinatorics. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2003. ISBN: 978-3-540-44389-6.

[3] Francisco Ramón Fernández García. La Combinatoria: ¿un Arte? ¿una Forma de Pensar? ¿un Juego? En: *Las Matemáticas Del Mundo y El Mundo de Las Matemáticas*. Barcelon: Universitat de Barcelona, 2002.

[4] Miguel Sánchez García. Optimización Combinatoria. En: *Números: Revista de didáctica matemática* 43-44 (2000), págs. 115-120. ISSN: 0212-3096.

[5] Fernando Sandoya. El Problema de La Mochila, Complejidad, Cotas y Métodos de Búsqueda Eficientes. En: *Matemática* 12.2 (oct. de 2014), págs. 43-51. ISSN: 2661-6890.