

Aportes epistémicos del pensamiento computacional a la educación en ciencias

Sylvia da Rosa

Universidad de la República
Facultad de Ingeniería
Instituto de Computación

`darosa@fing.edu.uy`

October 1, 2024

Hacia el PC como aporte epistémico para la educación en ciencias

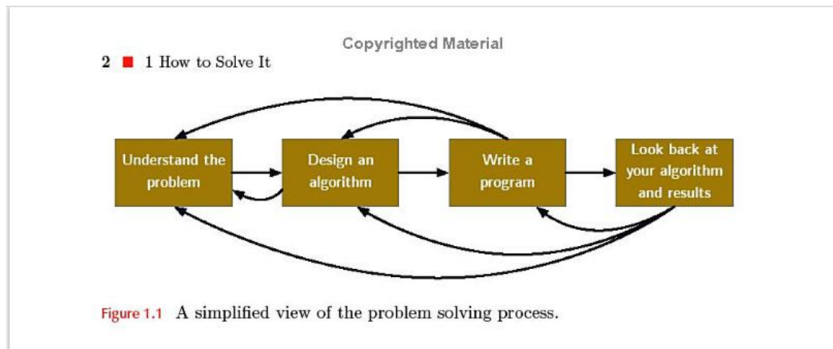


Figure: Esquema simple del proceso de resolución de un problema computacional

Hacia una definición de pensamiento computacional

- desde el punto de vista epistemológico, en el proceso de reflexión para solucionar el problema el individuo construye conocimiento sobre el problema y la solución.
- Piaget estudió en profundidad el proceso de construcción del pensamiento algorítmico y formuló la ley general de la cognición que lo regula y el siguiente diagrama que la describe

$$C \leftarrow P \rightarrow C'$$

Hacia una definición de pensamiento computacional

P, C y C' representan respectivamente

- P: la más inmediata reacción del sujeto centrado en obtener el resultado deseado
- C: la toma de conciencia de la coordinación de sus acciones, es decir la construcción del método o algoritmo empleado para resolver el problema
- C': la toma de conciencia de las modificaciones que la aplicación del algoritmo impone a los objetos o estructuras de datos
- Las flechas representan la toma de conciencia del algoritmo empleado y de las razones de éxito. Es decir, el mecanismo interno del proceso de **pensamiento algorítmico**.

Hacia una definición de pensamiento computacional

- Cuando el algoritmo ha de ser ejecutado por un autómatas (computadora) debe ser convertido en **un programa**.
- El proceso de construcción de conocimiento presenta algunos desafíos inherentes a la situación en la cual el programa es ejecutado por una computadora y no por un individuo.
- En palabras de Seymour Papert: *programming an automata that solves a problem, starts by making the student reflect on how he/she does herself what he/she would like the automata to do.*

Hacia una definición de pensamiento computacional

Programar es enseñar a un computador a hacer lo que nosotros sabemos hacer.

how one does oneself
what one would like the automata to do

La relación causal entre el primer renglón y el segundo es la clave de la construcción de conocimiento sobre *una máquina ejecutando un programa*.

Hacia una definición de pensamiento computacional

En términos de la teoría de Piaget:

$$\begin{array}{c} C \leftarrow P \rightarrow C' \\ \underbrace{\hspace{10em}} \\ newC \longleftarrow newP \longrightarrow newC' \end{array}$$

- $newP$ es una nueva periferia que representa el proceso por el cual el sujeto resuelve el problema
- $newC$ and $newC'$ representan la toma de conciencia de los elementos requeridos para que el computador resuelva el problema
- Las flechas del segundo renglón representan la toma de conciencia del programa ejecutado por la computadora y de las razones de éxito. Es decir, el mecanismo interno del proceso de **pensamiento computacional**.

Hacia una definición de pensamiento computacional

- La flecha que relaciona ambos renglones representa la relación causal entre el pensamiento algorítmico y el computacional.
- El diagrama describe una extensión de la ley general de la cognición de Piaget, para abarcar no sólo el pensamiento algorítmico sino también el pensamiento computacional que regula la construcción de conocimiento sobre un programa como objeto ejecutable.

Hacia una definición de pensamiento computacional

- Articular una sólida definición teórica de pensamiento computacional significa dar cuenta del proceso de construcción de conocimiento al aprender cómo enseñar a un computador a resolver problemas algorítmicos.
- Aprender a pensar computacionalmente es un proceso que se realiza paso a paso desde el nivel algorítmico (formulación de problemas, algoritmos y estructuras de datos) hasta la construcción de programas formales (conceptos computacionales).
- ¿Qué sigue? Dar sentido a las flechas del segundo renglón, es decir qué significa construir conocimiento de las estructuras de datos, de los textos de los programas y de su ejecución, tal como Piaget hizo para las flechas del primer renglón.

El paradigma de las ciencias computacionales



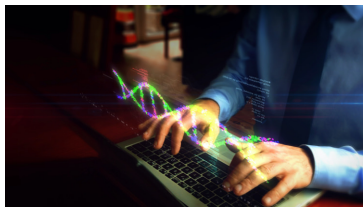
(a) Agujero negro



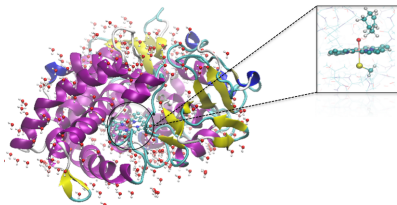
(b) Katie Bouman

Figure: Ejemplo de la astronomía como ciencia computacional

El paradigma de las ciencias computacionales



(a) Secuencialización de ADN



(b) Modelo computacional de moléculas

Figure: Ejemplos de biología y química como ciencias computacionales

El paradigma de las ciencias computacionales

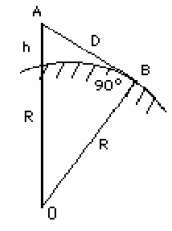
- Hoy día todas las ciencias son computacionales en el sentido de que integran la computación no sólo para dar apoyo a teorías y experimentos tradicionales, sino también para ofrecer formas revolucionarias de interpretar procesos naturales y conducir investigaciones científicas. Estamos en el paradigma de las ciencias computacionales (PCC).
- “Cuando la ciencia se vuelve computacional, los límites de la computación trazan nuevos límites para el conocimiento.”
(*Denning, P.J. and Tedre, M, (2019) Computational thinking Cambridge.*)

El PC como aporte a la educación en ciencias

- La brecha entre el trabajo científico actual y la educación.
- "Teaching fundamental computational thinking skills, such as programming and computer modeling, is much harder than teaching spreadsheets, word processing, and other application tools of computing." (Denning, P. and Tedre, M. (2019))
- El paradigma científico actual requiere que los estudiantes conozcan los fundamentos de la ciencia de la computación.

Un ejemplo de astronomía

Figúrate que estás de pie a una altura de h metros sobre el océano y observas a lo largo del agua. ¿Cuál es la distancia al horizonte? Se puede calcular si se conoce el radio R de la Tierra ($R = 6371$ km)¹.



¹<https://apea.es/wp-content/uploads/17-Astromatematicas-para-Secundaria.pdf>

Las ciencias computacionales y la ciencia de la computación

Table: Comprender el problema algorítmico y diseñar una solución

radio de la tierra (r): 6371 Km

datos de entrada	datos de salida
1000 Mts	112.88 Km
5000 Mts	252.4084 Km
3000 Mts	195.5147 Km
...	...
para todo h en Mts	distancia horizonte en Km

Sea h_1 la distancia h en Km, el valor de la distancia en Km para cada h en Mts está dado por la función:

$\text{distH} : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$

$\text{distH}(h) = \text{raizcuad}(2 * r * h_1)$

```

{- El radio de la tierra esta dado por la definicion
local valorRadio como el par (6371,Km). Esa constante
puede aparecer en otros problemas, por lo tanto
conviene definirla globalmente -}

conj UnidDist = { Km, Mts, Millas }

valorRadio :: () -> (R X UnidDist)
valorRadio () = (6371,Km)

{- Conversion de unidades -}
convertUnidDist :: R X UnidDist -> (R X UnidDist)
convertUnidDist (d,u) = {(d * 0.001, Km) si u == Mts
                          {(d * 1.60934, Km) si u == Millas
                          {(d, Km)

{- Funcion solucion (algoritmo) -}
distH :: R X UnidDist -> R X UnidDist
distH (h) = (raizcuad (2 * valorRadio ()!1 * valorH ),
Km)

donde valorH = convertUnidDist(h)!1

```

Figure: Solución computacional

Algunas referencias bibliográficas

- Piaget, J.: La Prise de Conscience. Presses Universitaires de France (1964)
- Denning, P., Tedre, M.: Computational Thinking. Cambridge, MA : The MIT Press (2019)
- da Rosa, S., Viera, M., García-Garland, J.: A case of teaching practice founded on a theoretical model. Proceedings of the International Conference on Informatics in School: Situation, Evaluation, Problems) (2020)
- Harel, D., Feldman, Y.: Algorithmics The Spirit of Computing. Addison-Wesley. (2004)
- Seymour Papert: Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas, page 28