

Obstáculos epistemológicos en la enseñanza de Estructura de Datos y Algoritmos

Daniel Pérez, Sofía Aguirre, José Luis Filippi

Grupo de I+D de Ambientes Ubicuos

Universidad Nacional de La Pampa, Argentina

daniel.perez@ing.unlpam.edu.ar, sofia.aguirre@ing.unlpam.edu.ar, filippij@ing.unlpam.edu.ar

Abstract

Los obstáculos epistemológicos bajo la forma de saber-cristalizado generan una suerte de inercia que dificulta el proceso de construcción de un nuevo saber. Su abordaje es necesario para minimizar su impacto negativo y lograr mejoras en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

El objetivo de este trabajo es identificar los obstáculos que impiden a los alumnos de Estructura de datos y algoritmos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa resolver satisfactoriamente problemas de programación haciendo un uso adecuado de los tipos de datos abstractos; Pila, Fila, Lista y Árbol.

El alto índice de desaprobación del primer examen parcial y las dificultades en la aplicación de los tipos de datos mencionados en las materias correlativas con Estructura de datos y algoritmos son los principales disparadores de este trabajo

1. Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo identificar los diferentes obstáculos epistemológicos que influyen en la enseñanza y el aprendizaje de Estructura de datos y algoritmos en las carreras de Ingeniería en Sistemas y Analista Programador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam).

Esta materia pertenece al segundo año de las carreras mencionadas y se dicta durante el primer cuatrimestre. Dentro de las áreas de conocimiento disciplinar forma parte del grupo de tecnologías básicas, y es uno de los pilares que forman las bases para el desarrollo profesional de los egresados, sus contenidos de carácter transversal son esenciales para el desarrollo de cualquier sistema de información.

El trabajo está estructurado de la siguiente forma. Primero se realiza un abordaje del marco teórico acerca

de lo que se entiende por obstáculo epistemológico tomando como autor de referencia a Gastón Bachelard. Luego se identifican y analizan distintos obstáculos epistemológicos que intervienen en la enseñanza y en el aprendizaje de la disciplina. Para finalizar se exponen recomendaciones para su abordaje e intención de modificación. La motivación del trabajo es comprender porque a los alumnos se les hace difícil incorporar las estructuras de datos enseñadas como herramientas básicas para la resolución de problemas en esta y otras materias.

1.1. Los obstáculos epistemológicos

La idea de obstáculo epistemológico fue introducida por el profesor Gastón Bachelard en su obra titulada *La Formación de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* publicada en el año 1938. Desde su visión los obstáculos son herramientas de gran utilidad para estudiar la historia de la ciencia planteando el problema del conocimiento científico en términos de obstáculos. Según el autor: “no se trata de considerar los obstáculos externos, como la complejidad o la fugacidad de los fenómenos, ni de incriminar a la debilidad de los sentidos o del espíritu humano: es en el acto mismo de conocer, íntimamente, donde aparecen, por una especie de necesidad funcional, los entorpecimientos y las confusiones. Es ahí donde mostraremos causas de estancamiento y hasta de retroceso, es ahí donde discerniremos causas de inercia que llamaremos obstáculos epistemológicos (...)” [1].

Bachelard introduce así la noción de obstáculo epistemológico, entendido como cualquier concepto o método que previene una ruptura epistemológica [6]. En otras palabras, se lo puede ver como un conocimiento anterior que obstaculiza el aprendizaje de uno nuevo, ya sea porque genera una inercia que dificulta la construcción de un nuevo saber, o bien, por la natural

contraposición que existe entre el sentido común y el conocimiento científico.

El concepto de ruptura epistemológica se encuentra estrechamente relacionado con el concepto de obstáculo epistemológico. Las rupturas epistemológicas tienen lugar cuando los obstáculos epistemológicos son destruidos, lo cual requiere que sean identificados y que se haga un abordaje sobre ellos.

Se tiene así que, de acuerdo a Bachelard, la ciencia avanza por una especie de dialéctica entre obstáculos y rupturas epistemológicas. Esta dialéctica, sin embargo, no es exclusiva del amplio dominio del desarrollo científico. Se reproduce, con sus características particulares, en el proceso de aprendizaje de cualquier conocimiento por parte del individuo [2].

En palabras de Alicia Camilloni el obstáculo epistemológico es lo que se sabe y que bajo la forma de saber-cristalizado genera una suerte de inercia que dificulta el proceso de construcción de un saber nuevo. Cuando el individuo deja de cuestionarse y ya no aparecen interrogantes, habiendo solo respuestas, es un síntoma de que el obstáculo epistemológico se ha incrustado sobre el conocimiento [7].

El sentido común es y será la mayor fuente de estos obstáculos. Por ejemplo, el animismo del sentido común primitivo, que llevó a las personas a explicar el mundo en analogía con los procesos vitales como la digestión fue un obstáculo en el desarrollo de la física mecánica. De igual forma el énfasis en la observación directa como método científico implicó un obstáculo en el desarrollo de las teorías atómicas en el siglo XVIII. Eliminarlos implicó la necesidad de hacer una ruptura con el sentido común y los conocimientos previos, lo que algunos autores llaman un “arrepentimiento intelectual” [3].

Psicológicamente el conocimiento nos hace sentir cómodos y seguros, reconocer que eso creemos saber es erróneo o tiene un cierto grado de error provoca con frecuencia ciertos conflictos e inseguridades en el individuo. Lo que desencadena en una fuerte oposición o rechazo en dejar de lado esos conocimientos y construir los nuevos. De acuerdo con Bachelard, el obstáculo es una facilidad que la mente se concede para seguir razonando de manera sencilla que imposibilita al individuo para reconocer nuevas formas de explicación y acción, para resolver determinado tipo de problemas.

En matemáticas y otras ciencias exactas es común hallar un número muy variado de diferentes obstáculos epistemológicos que originan diversas dificultades en el aprendizaje. El conocimiento del clásico sistema de numeración decimal utilizado desde el año 3.000 AC y que se enseña desde la niñez hasta la adolescencia es un obstáculo para el aprendizaje de otros sistemas numéricos útiles en ciencias de la computación; como los sistemas binarios, octal y hexadecimal. Diversos estudios antropológicos sostienen que este sistema de numeración

tiene su origen en el uso de los dedos de las manos como apoyo para contar, dado las características dactilares del ser humano.

La enseñanza de los números negativos es otro caso donde es usual encontrar diferentes obstáculos epistemológicos. Glaeser presentó varios obstáculos concretos que dificultan la enseñanza y el aprendizaje de éstos en la educación inicial [5]. También los alumnos de informática, en educación superior se encuentran con el hecho de que los números en ciencia de la computación son todos enteros positivos y que para poder representar el signo negativo se requieren de diferentes formas de representación como el complemento a uno o a dos. La resta se convierte entonces en una operación de suma de números positivos. Esto, a priori, va en contra de lo que se considera correcto, ya que, para la mayoría, la resta es la suma de un número positivo más uno negativo. Este conocimiento previo adquirido durante el nivel inicial, primario y secundario se constituye entonces como un obstáculo en el aprendizaje, por ejemplo, de los números complemento a uno.

1.2. Clasificación de los obstáculos epistemológicos

Bachelard en su obra identifica y realiza un extenso análisis de diez obstáculos epistemológicos:

- la experiencia básica;
- el conocimiento general;
- el obstáculo verbal;
- el conocimiento unitario y pragmático;
- el obstáculo sustancialista;
- el psicoanálisis del realista;
- el obstáculo animista;
- el mito de la digestión;
- libido y conocimiento objetivo;
- los obstáculos del conocimiento cuantitativo.

Éstos son de carácter general y hay un abordaje muy profundo de cada uno de ellos, con algunos ejemplos en su libro “La formación del espíritu científico”. La identificación en este trabajo de los obstáculos epistemológicos en la enseñanza y aprendizaje de estructuras de datos y algoritmos se realiza tomando como base el primer obstáculo; la experiencia básica.

Ésta experiencia básica según Bachelard se encuentra conformada por información que se percibe y se guarda generalmente en los primeros años de la vida intelectual, toda esa información que llegó al individuo no se puede someter a crítica alguna; pues el “espíritu” se encuentra desarmado en un estado de total ignorancia; al no sufrir crítica alguna estas primeras experiencias se convierten en verdades primarias frente a las que es imposible crear nuevos conocimientos que vayan en contra de las mismas [1].

2. Metodología

El trabajo se puede categorizar como un estudio de caso. Utilizamos métodos cualitativos de relevamiento de datos, tales como entrevistas a los docentes de la materia, a estudiantes y a profesionales de sistemas que trabajan con los tipos de datos abstractos antes mencionados.

También realizamos observaciones participantes en ciertas clases claves de la materia, como las practicas que se desarrollan en el laboratorio de cómputos. Y se analizaron trabajos finales de la cátedra Autómatas y Lenguajes para evaluar como los alumnos incorporaban el uso de listas, filas, pilas y árboles para resolver distintos tipos de problemas.

3. Obstáculos epistemológicos en la enseñanza de Estructura de datos y algoritmos

Estructuras de Datos y Algoritmos (EDyA) es una de las disciplinas clásicas en todas las carreras relacionadas con la Informática y Ciencias de la Computación. El estudio de ésta es tan antiguo como el nacimiento de la programación y se ha convertido en estudio obligatorio en todos los currículos desde finales de la década de 1970. En la Facultad de Ingeniería de la UNLPam esta disciplina trata sobre el estudio de las estructuras de datos dentro del marco de trabajo de los tipos de datos abstractos (TDA) y objetos, bajo la óptica del análisis, diseño de algoritmos y programación, realizando implementaciones de los algoritmos y estructuras en el lenguaje de programación C++.

Son de particular interés en la formación disciplinar el aprendizaje de los TDA; listas, filas, pilas y árboles porque la mayor parte de los problemas en el desarrollo de software implica el uso de estas estructuras o derivados de ellas para poder resolverlos. Por lo tanto, el eje disciplinar de la materia es cómo crear y usar los TDAs. Los estudiantes llegan a las clases EDyA con un bagaje de saberes, conocimientos, supuestos, y prejuicios que fueron adquiriendo a lo largo de su vida. Ciertos conocimientos los fueron asimilando en el día a día y luego fueron formalizados matemáticamente en alguna etapa de su niñez o adolescencia. Por ejemplo, en la niñez se aprende el concepto de pila y fila; jugar con cartas y bloques facilita el aprendizaje de pilas de forma casi inconsciente. Por otro lado, en diversas interacciones sociales se introduce y se comprende el concepto de fila, por ejemplo, las fila para izar la bandera en la escuela, filas para pagar los impuestos en el banco, etc.

Otros conocimientos de carácter más formal son adquiridos durante el primer año de la carrera. Por un lado, las materias de matemática sientan las bases para el uso de estructuras estáticas por medio de la enseñanza de matrices mientras que en las materias de introducción a la

programación se utilizan las matrices en sus diferentes formas¹ como principal medio para el almacenamiento de datos². El uso de estas estructuras es relativamente simple y los alumnos comprenden con facilidad como utilizarlas reconociendo que ventajas y posibilidades aportan a la hora de resolver distintos tipos de problemas.

Este primer contacto con las estructuras de datos simples, junto a los algoritmos que se utilizan para su manipulación, es fundamental para poder avanzar sobre las estructuras antes mencionadas (TDAs). Pero en sí mismo se instalan como con un obstáculo en la enseñanza y el aprendizaje, ya que se afianzan como lo correcto, el alumno establece estos conocimientos como experiencia básica haciendo muy difícil la incorporación de nuevos conocimientos.

4. Resultados

Tomando como base la experiencia acumulada en la enseñanza y el aprendizaje de la disciplina se han identificado por separado los temas que implican mayor dificultad para los alumnos junto con los posibles obstáculos que generan esa inercia de la cual habla Bachelard (2000). La identificación es fundamental como punto de partida para realizar un abordaje de los obstáculos epistemológicos y encontrar una forma de evitarlos.

Respecto a las estructuras dinámicas; se observó que los alumnos tienen una visión simplificada de la memoria de las computadoras como un arreglo de un determinado tamaño, es decir utilizan un modelo para simplificar la realidad. Guardar un dato implica reservar un espacio en ese arreglo creando una configuración estática de la memoria que no sufre cambios y se define durante el proceso de codificación. Por ello la idea de reservar y liberar bloques de memoria acorde a las necesidades en tiempo de ejecución (mientras el programa se ejecuta) parece absurda e irreal. Punteros y manejo de memoria dinámica son los pilares fundamentales que se requieren para poder utilizar e implementar estructuras dinámicas en C++. Es por esto que se hace un fuerte hincapié en priorizar el uso de punteros cuando los problemas así lo requieran, partiendo de tipos de datos simples a estructurados.

En cuanto a las estructuras no lineales; la misma noción antes mencionada de la memoria como un arreglo unidimensional hace que los alumnos presupongan que existe una cierta linealidad en la definición de las estructuras. Esto hace que trasladar estructuras como grafos o árboles a memoria resulte muy difícil. Es complejo encontrar formas de representación para lograr

¹ Se utiliza el término arreglo para referirse a matrices de una columna independientemente del número de filas.

² Almacenamiento en memoria principal (RAM).

que algo que no es lineal se pueda representar de forma equivalente en una estructura lineal.

Si nos referimos a estructuras de datos recursivas; para los alumnos la manipulación de los tipos de datos no recursivos suele ser fácil de entender; un char es un tipo de dato para guardar una letra, por lo tanto si quiero guardar el nombre de una persona se necesita un conjunto de chars relacionados (un arreglo de chars). Sin embargo esto no es así cuando un TDA se define en términos de sí mismo, algo que es muy usual en la disciplina para poder representar estructuras dinámicas y no lineales³. Aunque los alumnos tienen una noción muy clara respecto a la recursividad en matemática, les cuesta mucho comprender la utilidad de la recursividad en términos de definición de tipos de datos.

Algoritmos recursivos; el uso de estructuras simples como arreglos requieren generalmente algoritmos iterativos. Al momento de manipular estructuras no lineales, como por ejemplo los árboles, es muy difícil abordarlos de esta forma porque la estructura además de no ser lineal es recursiva (se define en términos de sí misma). Esto hace necesario el uso de algoritmos recursivos, pero se observó un rechazo generalizado hacia estos por parte de los alumnos.

5. Conclusiones

Es importante trabajar didácticamente los obstáculos y tratar de modificarlos con el objetivo de lograr mejoras en la enseñanza y el aprendizaje de la disciplina. En primer lugar es aconsejable partir de la identificación de los mismos, ya que es indispensable para iniciar el trabajo de enseñanza. Además, se requiere que haya un resquebrajamiento, un conflicto sociocognitivo, para llegar a una conciliación de lo que se concebía y el nuevo conocimiento adquirido.

Ya habiendo identificado los obstáculos epistemológicos, se puede lograr ese resquebrajamiento abordando cada uno de los temas usando dos enfoques; el primero más cercano a los conocimientos que ya tienen incorporados los alumnos y, luego, avanzar con un segundo enfoque donde se haga un uso correcto de las estructuras acorde a la disciplina. Por ejemplo, para enseñar el TDA árbol se puede comenzar, previo abordaje teórico, con sus representaciones con arreglos o cursores (matrices) y luego continuar con memoria dinámica a través del uso de nodos. Siempre resaltando las ventajas y desventajas para que quede en claro cuando una alternativa es más apropiada que otra.

Todo esto permitirá flanquear el obstáculo y aprender a vivir con él porque siempre habrá rastros de que el

obstáculo estuvo. Recordando que los obstáculos no son necesariamente dificultades, sino más bien, y muy a menudo, facilidades que se otorga la mente para pensar los fenómenos [4].

6. Referencias

- [1] G. Bachelard, *La Formación Del Espíritu Científico - Contribución A Un Psicoanálisis Del Conocimiento Objetivo* 23a. edición, México: Siglo xxi editores, 2000.
- [2] B. H. Bohorquez, «La concepción de la simetría en estudiantes como un obstáculo epistemológico para el aprendizaje de la geometría,» pp. 477-489, 2008.
- [3] V. C. A. Franco, «La comprensión del concepto de cantidad de movimiento, desde una perspectiva histórica y epistemológica,» 2013.
- [4] J.-P. Astolfi, *El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos*, 1999.
- [5] G. Glaeser, «‘Epist’emologie des nombres relatifs’, *Recherches en Didactique*,» 1981.
- [6] G. Gutting, «Michel Foucault’s archaeology of scientific reason» Press Syndicate of the University of Cambridge, 1989.
- [7] A. Camilloni, *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza*, Barcelona: Gedisa, 2001.

³ Un ejemplo recurrente es la definición de árbol: Un árbol consiste en una raíz y cero o más subárboles no vacíos $T_{\{1\}}, T_{\{2\}}, \dots, T_{\{n\}}$, cada una de cuyas raíces está conectada por medio de una arista con la raíz.