UNA APLICACIÓN MUY DIDÁCTICA

Plamen Nechev.
Prof.Asociado UPN.

Introducción

La noción del mapa conceptual, hasta donde hemos podido indagar, por primera vez aparece a mediados de los años ochenta en los trabajos de Novak y Gowin [1]. Como consecuencia de una rápida aceptación, surgen propuestas y desarrollos tanto en las distintas áreas del conocimiento, como en diversos grupos de países con diferentes grados de desarrollo y tendencias culturales, convirtiéndose esta noción en el presente en ªlgo" bastante común (mas no trivial) dentro del pensamiento pedagógico contemporáneo.

En tal sentido, no es de extrañar que en el ámbito de las investigaciones e innovaciones referentes a las ciencias naturales en general, y en física en particular, han surgido ciertos desarrollos en el tema. Enfocándonos en la región latinoamericana debemos mencionar los aportes de Marco Antonio Moreira [2], quien desde la perspectiva de la física ha buscado, y creemos encontrado, aplicaciones para los mapas conceptuales. A nivel nacional, y con el ánimo de recalcar los desarrollos del tema que se dieron en la *Universidad Pedagógica Nacional*, debemos mencionar el trabajo de Pérez R. y Gallego-Badillo R. [3], ambos profesores del Departamento de Química de la UPN. En realidad, el responsable de la presente ponencia se familiarizó con las aplicaciones de los mapas conceptuales, durante el proceso de desarrollo de ciertas tareas colaborativas llevadas a cabo con algunos profesores del mencionado departamento.

Si bien la elaboración de mapas conceptuales, al plasmar los conceptos por medio de dibujos actualizables permanentemente mediante desarrollos gráficos, permite que el estudiante llegue a tener conciencia de su propio proceso cognitivo, lo cual facilita una enseñanza de corte constructivista, hoy por hoy existe un inconveniente considerable: el uso de los mapas conceptuales adolece de la ausencia de una definición precisa y concisa sobre ¿qué es un mapa conceptual? Puede parecernos paradójico, pero sí existen muchas "definiciones" que se "complementan" dando a conocer los diferente aspectos de los mapas conceptuales; luego, estamos en una situación habitual para los científicos donde las múltiples caras de una nueva noción no permiten entrever claramente la esencia de ésta.

Siguiendo este orden de ideas, el mapa conceptual se puede definir de muchas formas de acuerdo con la aplicación que se desee del mismo, sin embargo, existe una característica fundamental que lo diferencia de otros tipos de esquemas, y es que permite a los estudiantes hacer una organización jerárquica de los conceptos que se mezclan en un tema, relacionándolos entre sí por expresiones llamadas conectores. En consecuencia, según el propio Novak [1] y como lo menciona A. Notoria [4] (además Ontoria, Ballesteros, Cuevas, Giraldo, Martín, Molina, Rodríguez y Veles, 1996), tenemos varias definiciones para lo que habitualmente se denomina mapa conceptual.

De acuerdo a lo citado, el mapa conceptual es:

1. *Una estrategia:* "Procuraremos poner ejemplos de experiencias sencillas, pero poderosas en potencia, para ayudar a los estudiantes a aprender y para ayudar a los educadores a organizar los materiales que se van a aprender" (Novak y Gowin [1], 1988, p. 19);

o

2. *Un método:* "La construcción de mapas conceptuales (...), que es un método para ayudar a los estudiantes y educadores a captar el significado de los materiales que se van a aprender" (Ibid.);

o

3. Un recurso: "Un mapa conceptual es un recurso esquemático para representar un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones "(Ibid.);

entre otras cosas.

Ahora bien, si añadimos algunas "definiciones" manejadas por los seguidores de Novak y los demás investigadores, un mapa conceptual se consideraría también un esquema, expresión gráfica de ideas y/o conceptos, un algoritmo, una jerarquía, etc. Por tal motivo, a pesar de que algunas definiciones se parecen entre si y quizá enfocan aspectos similares de los mapas conceptuales, la definición, en términos científicos rigurosos, brilla por su ausencia.

Por otra parte, una situación así es típica en determinados periodos del desarrollo de las ciencias. La revisión aún superficial de la historia de la física y la química, nos enseña que antes del surgimiento de una comprensión verdadera de cualquier idea prolífera ha habido atascamientos hasta la llegada de la formulación de una definición precisa. Así pues, nuestra primera intención es proponer una definición formal para la noción de un mapa conceptual y en segundo lugar, mostrar una posible aplicación de los mapas conceptuales a la programación gráfica.

Las categorías y los mapas conceptuales.

Veamos en breve como se define una categoría abstracta [5]. Es una construcción matemática donde se distinguen dos tipos de "elementos", a saber: objetos y morfismos. Los objetos, en general, pueden tener estructuras internas; por ejemplo, ser dotados con lo necesario para convertirlos en espacios lineales o topológicos, grupos, etc. Los morfismos se establecen entre dos objetos (parejas) direccionalmente y como caso particular, en una pareja un objeto puede ser repetido.

Por razones inherentes a la teoría de los conjuntos, se requiere que los objetos de una categoría formen una clase. Entonces, a cada dos objetos ordenados en pareja (A, B), se hace corresponder un conjunto de morfismos $\hom(A, B)$, usando para los morfismos individuales varias notaciones, por ejemplo $u : A \longrightarrow B$, etc. La definición matemática de categoría exige que entre los morfismos exista una ley de composición asociativa, de tal suerte que, si estamos considerando los tres objetos A, B, y C de una categoría, organizándolos en parejas (A, B) y (B, C), se pueda afirmar que para cada dos morfismos seleccionados en forma respectiva de las dos parejas, dentro de $hom(A, C)$, haya uno que viene como composición de éstos. Además, se deben cumplir dos requerimientos:

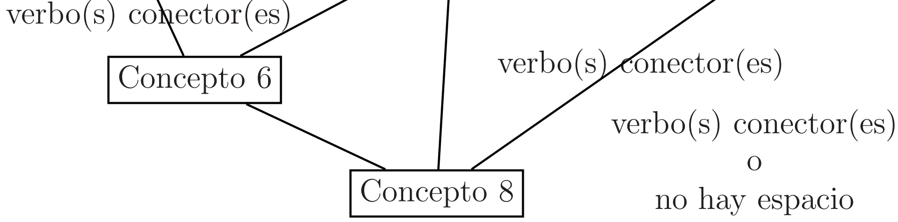
- Las parejas de tipo (A, A) siempre poseen entre sus morfismos el idéntico, el cual se define a partir del hecho que la composición (permitida) de cualquier morfismo con el morfismo idéntico, da como resultado el morfismo en cuestión;

- Si las parejas (A, B) y (A', B') no coinciden (es decir, no ocurra que $A = A'$ y/o $B = B'$) entonces, no tienen morfismos comunes.

Por otra parte, es importante mencionar que en ningún caso estamos obligados a interpretar los morfismos como una especie de funciones, a pesar de que en la mayoría de las veces eso es lo que se da.

Para el reconocimiento de un mapa conceptual como una categoría hay que estandartizar la elaboración de éstos. Atando cabos vemos que, según los trabajos citados en la introducción (ver además la bibliografía y de un modo más específico [9], [10]), gráficamente el mapa conceptual consiste en nociones ubicadas en unos recuadros ovalados, llamados nodos, y conectores direccionales con las respectivas descripciones verbales

A continuación se presenta un mapa conceptual abstracto, donde los conceptos vienen enumerados de uno a ocho y los conectores incluyen diferentes expresiones verbales. La dirección de los conectores (o dicho de otra manera, el sentido de las flechas), pueden apuntar tanto de arriba hacia abajo como viceversa; este último hecho depende del caso concreto representado por el mapa. Lo que no se permite es la bidireccionalidad, algo que hemos detectado en algunas ocasiones y desde luego, pueda parecer como una restricción impuesta sobre la manera de construir mapas conceptuales. Sin embargo, es fácil de percatarnos que tal restricción no es de carácter esencial sino superflua.



Desde otra perspectiva, deberíamos preguntarnos qué suerte de conceptos hay que considerar para no volver nuestras construcciones inabarcables. Sin pretender especificar todos los conceptos que hoy día existen en ciencias, podemos limitarnos a los básicos de física y química; un número que no sobrepasaría variaos miles. Como conceptos básicos se entienden aquellos cuya existencia y definición ya no genera controversias antagónicas entre los miembros de la comunidad científica.

Es evidente, que la construcción es también y lingüística, ya que las oraciones y su composición dependen de la lengua mediante la cual se está creando el mapa conceptual. Nosotros nos estamos limitando a los idiomas de procedencia indoeuropea y de manera más puntual hemos pensado sobre ejemplos escritos en primer lugar en castellano, pero también en inglés, ruso y alemán. La última elección se ha dado con base en dos criterios:

- nuestro conocimiento, de una forma más o menos satisfactoria, de estas lenguas;
- su representatividad dentro del grupo de lenguas indoeuropeas, puesto que en algunas están presentes los géneros, en otras existen inclinaciones, tiene lugar además el uso de diferentes alfabetos, etc.

La conclusión ha sido que un mapa conceptual, elaborado mediante alguno de estos idiomas, no cambia sustancialmente cuando se traduzca al otro del mismo grupo; hasta se puede afirma que con frecuencia los cambios son triviales. Desde luego, la formalización que se pretende aplicar estaría en coherencia con la anterior conclusión puesto que, las matemáticas no deberían depender de las expresiones lingüísticas utilizadas.

Lo anotado no menospreciaría otras investigaciones, al contrario sería, interesante observar mapas conceptuales desde el punto de vista de los demás idiomas; sin embargo, una consideración de tal envergadura queda por fuera de nuestras investigaciones. Ahora bien, gracias al hecho de ser entremezcladas las expresiones de la lengua cotidiana con la rigurosidad de un lenguaje científico, al ser construido un mapa conceptual, los conectores raras veces son únicos y en general están permitidas múltiples formas de lograr el mismo mapa pero, con diferentes expresiones verbales. Aún más, si por alguna razón hay que considerar de manera repetida cierto nodo en el mismo mapa, podemos en forma trivial decir que el concepto allí mencionado, es el mismo concepto utilizando conectores como es, es idéntico a, coincide con, etc., los cuales para nuestros fines desempeñarían el mismo papel. También, en principio, para cualesquiera dos nodos de un mapa, existe(n) conector(es) lógicamente viables aunque a menudo "invisibles".

Todo el trabajo anterior nos permite establecer la categoría de los mapas conceptuales. Vamos a definir los mapas conceptuales como una categoría cuyos objetos son los nodos conceptuales del mapa. En cierto sentido, esta parte suele ser independiente del idioma utilizado debido al hecho que los conceptos básicos en ciencias ya están bien establecidos internacionalmente; es decir, la cuestión se reduce a una traducción correcta.

Los morfismos de un objeto a otro, explícitos o no (visibles sobre el papel o no), son todos los conectores cuyos verbos están en concordancia con el sentido científico de la expresión. De lo que se había mencionado con anterioridad, podemos deducir que, una pareja de objetos idénticos dentro de una categoría, por lo menos posee el morfismo idéntico consistente en la flecha con el verbo es.

Veamos ahora, cómo esta interpretación de los mapas conceptuales da cumplimiento a la definición de categoría:

- Aceptando los nodos de un mapa conceptual en calidad de objetos de una categoría en particular, es posible a cada dos conceptos A y B, hacer corresponder su conjunto de morfismos hom (A, B), consistente en todos los conectores: lógica, lingüística y científicamente viables, siempre teniendo en cuenta que, un conector tiene si inicio en un nodo, incluye una parte verbal y termina en otro nodo

conector verbal coherente con los

conceptos de inicio y final

permitiéndonos de vez en cuando no explicitar o dibujar las flechas cuando el sentido se sobreentiende desde el contexto;

- La composición de dos conectores se puede definir como un conector directo desde el primer concepto hasta el tercero, algo que siempre es posible gracias a nuestro consenso de considerar también conectores implícitos;

- Para un concepto cualquiera el morfismo idéntico $i : A \longrightarrow A$ se representaría por la afirmación trivial (como ya se mencionó tal adición expresa el simple hecho que A es A);

- Lógicamente, un conector no puede servir simultáneamente a dos diferentes parejas de conceptos puesto que cuanto menos comenzaría y/o terminaría en diferentes nodos;

- Por último, la asociatividad se verifica en forma trivial gracias al hecho de que las oraciones carentes de separadores (por ejemplo, comas, punto y comas, guiones, etc.) son asociativas desde el punto de vista del sentido común expresado.

Está claro, que las categorías de un número restringido de conceptos, que habitualmente se manejan en el aula de clase, se considerarían como una subcategoría de la categoría de los mapas conceptuales (la cual no obligatoriamente, aún raras veces, resultaría completa).

Desde otra perspectiva, también es posible interpretar los diagramas de flujo como una categoría. Es necesario mencionar que aplicarían ciertas restricciones, o sea, quizá no todo lo que se entiende como un diagrama de flujo puede ser aceptable desde el punto de vista de la teoría de las categorías. Sin embargo, las posibles limitaciones no impiden realizar en esencia el mismo trabajo. Por un lado, para fijar ideas y por otro, teniendo en cuenta nuestras necesidades, nos limitaremos a los diagramas de flujo usados en el lenguaje gráfico *LabVIEW de NATIONAL INSTRUMENTS* [6], [7], [8]. Tal paso asegura unas reglas de construcción claras y rigurosas a diferencia de los lineamientos que habitualmente se dan cuando se elabora un diagrama de flujo a mano alzada.

De modo análogo vamos a identificar los objetos y los morfismos dentro de los diagramas de flujo, a partir de una identificación de los conceptos referentes a magnitudes, algo particular pero sutil si de mediciones se trata. Enfocándonos en las definiciones empíricas de las magnitudes (físicas o químicas) podemos aceptar como objetos para nuestra nueva categoría, los ítems que permitan sus mediciones. Paso seguido, agreguemos a éstos los objetos obtenidos a través de operaciones matemáticas, es decir, los ítems que los representan. Un nodo (o ítem) puede simbolizar la misma operación, pero si se encuentra dos o mas veces en el diagrama, se consideraría como otro objeto puesto que representaría diferentes conceptos.

Los morfismos de la categoría de los diagramas de flujo se establecen de acuerdo a las líneas de ejecución del respectivo programa. De nuevo, formalmente se deberían agregar los morfismos triviales para parejas de objetos idénticos y conectores abstractos invisibles en la pantalla cuando de completar la idea se trata; lógico estos objetos repetidos (así como líneas de ejecución sobrantes) generarían un error sobre la ventanilla de programación para *LabVIEW*, lo que no nos debe preocupar ya que el compilador no funciona con base en los criterios matemáticos aplicables sobre categorías sino, tiene la función de "translar" el programa con reglas y de la manera más sencilla posible.

Entonces, la composición de dos morfismos se puede considerar como una conexión invisible cuya asociatividad es evidente por la definición establecida anteriormente. Así mismo, los morfismos idénticos nunca aparecerán sobre la ventanilla, no obstante, su introducción teórica es completamente correcta.

Lo anterior hace viable la consideración como categorías de un amplio subconjunto de los diagramas de flujo reglamentados por el lenguaje *LabVIEW*. Es obvio también, que los símbolos que no representan medición y/o definición de magnitudes (o por lo menos, alguna operación válida sobre éstas) quedaran por fuera de los objetos de la última categoría.

Las aplicaciones matemáticas y los functores entre las categorías.

Es a penas lógico que una vez establecidas dos o más categorías se vuelve interesante buscar ciertas comparaciones entre éstas. Y como es habitual en el contexto matemático, el emprendimiento de tal procedimiento se realiza a través de construcciones que mapean una categoría en o sobre otra. Gracias al hecho de que cada categoría tenga dos tipos de elementos es comprensible que tal mapeamiento "dibuja" un objeto de la primera en otro objeto de la segunda, mientras que la imagen de un conector tenga en calidad de punto de partida otro conector de la primera categoría.

A continuación realizaremos un intento de establecer una aplicación desde la categoría de los mapas conceptuales hacia (en) de ésta de los diagramas de flujo, ambas establecidas en los términos de las definiciones anteriores, cuyo fin es de obtener una ayuda didáctica para la enseñanza de programación gráfica.

Las reglas de correspondencia son las siguientes:

- A un concepto, consistente en una magnitud medible en forma directa, se hace corresponder el ítem ubicado dentro de la ventanilla de programación, el cual representa la parte del instrumento virtual responsable de efectuar dicha medición; es decir, una subrutina que controla directa y específicamente el software primario *NI - DAQ*.
- En caso de buscarse la imagen de una magnitud cuya definición o introducción se logra a través de un procedimiento matemático se le hace corresponder el bloque de fórmulas de *LabVIEW* o si la(s) operación(es) es(son) elemental(es) el(los) respectivo(s) ítem(s).
- Si existen conceptos los cuales no se representan claramente por una magnitud, se les pueden asignar uno o varios objetos ficticios de las categorías de los diagramas de flujo, pensando en conexiones ficticias también; es de esperar, que en la mayoría de los casos (si no en todos), es posible mapear tal tipo de objetos en los ítems de medición o cálculo que les son afines.
- Cuando en un mapa conceptual los conectores según su direccionalidad forman un “círculo” cerrado, es un claro indicio de que todos los conceptos involucrados se deben mapear en un sólo objeto de la categoría de los diagramas de flujo y este objeto es un bucle (independientemente que sea *FOR* o *WHILE*).

Ahora bien, si queremos que la aplicación en cuestión pueda llegar a ser un functor covariante hay que conseguir también lo siguiente:

- Un morfismo entre dos conceptos (perteneciente sin duda alguna a la categoría de los mapas) se representaría mediante nuestro functor por la conexión entre los dos ítems del diagrama de flujo o, sería el respectivo morfismo idéntico, si ambos nudos conceptuales apuntan a un solo ítem.

- Los morfismos idénticos de la categoría de los mapas conceptuales, por definición, se pueden mapear sobre los morfismos idénticos asignados a las respectivas imágenes de la ventanilla de programación.
- La imagen de la composición de dos morfismos en la categoría de los mapas conceptuales se puede presentar como composición de las imágenes de los morfismos respectivos, si se toman en cuenta todos los conjuntos de morfismos en la categoría de los diagramas de flujo; es decir, tanto explícitos como implícitos.

Desde luego, es bastante fácil ver que prácticamente ninguno de los morfismos es epimorfismo o isomorfismo así como ni el functor propuesto pueda ser una equivalencia. No obstante, las últimas anotaciones no disminuyen las esperanzas respecto de la utilidad de corte didáctico de la aplicación desde la categoría de los mapas conceptuales en la categoría de los diagramas de flujo.

Las bondades de una definición rigurosa de los mapas conceptuales.

Las bondades de conseguir una definición rigurosa, al menos matemáticamente hablando, en nuestra opinión, pueden ser múltiples. Finalicemos con una posible y preliminar enumeración de éstas comenzando de las de carácter común y terminando con el caso especifico de la programación gráfica.

- El entendimiento de un mapa conceptual como una categoría concreta en términos matemáticos, permitiría partir de una definición unificada de algo que hasta ahora en cierto grado ha tenido un uso mas bien empírico;
- El manejo de los mapas conceptuales como categorías, independizaría la noción de un mapa del idioma utilizado para su creación y en consecuencia, eliminaría los malentendidos debidos a cuestiones lingüísticas;
- El uso en casos concretos de las categorías y los functores como lo han hecho siempre, permitirían distinguir bien entre lo trivial y lo nuevo en las aplicaciones específicas, basta con un ejemplo, las componentes

contravariantes y covariantes dentro del calculo tensorial pueden ser un dolor de cabeza si no se tiene en cuenta el carácter de las categorías donde ubicamos dichos espacios;

- Finalmente, la aplicación de un functor desde las categorías que definen los mapas conceptuales a éstas de los diagramas de flujo usados en la programación gráfica, podría convertirse en una herramienta didáctica poderosa al enfrentarse el maestro a la necesidad de explicar en forma concisa y clara los problemas dejados a los estudiante para trabajo en alto grado independiente, sin una supervisión de corte conductivista.

Bibliografía.

[1] Novak J.D., Gowin B.B. *Aprendiendo a aprender*, Barcelona (traducción del ingles), 1988.

[2] Moreira M.A. *Mapas Conceituais como Instrumetos para Promover a Diferenciacao Conceitual Progressiva e a Reconciliacao Intergrativa*. Ciencia y Cultura, 32(4), pp.474-479, 1980.

[3] Pérez R., Gallego R. *Corrientes Constructivistas*. Bogotá : Cooperativa Editorial del Magisterio, 1995.

[4] Ontoria A., Ballesteros A., Cuevas C., Giraldo L., Martín I., Molina A., Rodríguez A. y Velez U. *Mapas Conceptuales una técnica para aprender*. Madrid, Narcea, 1996.

[5] Ion B., Deleanu A. *Introduction to the Theory of Categories and Functors*. Pure and Applied Mathematics, a Series of Texts and Monografs, vol. XIX, London - New York - Sydney, 1965.

[6] G *Programming Reference Manual*, (BridgeVIEW and LabVIEW), NATIONAL INSTRUMENTS, January 1998 Edition, Austin, Texas.

[7] *Function and VI Reference Manual*, (LabVIEW), NATIONAL INSTRUMENTS, January 1998 Edition, Austin, Texas.

[8] *PC - Based Vision*, Solutions, NATIONAL INSTRUMENTS, 2000.

[9] Nechev Plamen N. *Importancia Pedagógica de la Informática Educativa en el Laboratorio de Física de la Escuela Secundaria*. Memorias de la VII Conferencia Interamericana de Educación en Física, del 3 al 7 de julio de 2000, Canela, Brasil.

[10] Nechev Plamen N., Duarte Mónica. *Elaboración de Programas Computacionales mediante Lenguajes Gráficos a partir de Logaritmos Sugeridos por Aplicación de Mapas Conceptuales*. TED Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPN, 9, pp. 60-67, 2001.

[11] Markham K. M., Mintzes J. J. and Jones M. G. *Journal of Reseach in Science Teaching*, 31, pp. 91-101, 1994.

[12] Porlan R., Garcia J. E. y Canal P. *Constructivismo y Enseñanza de las 0Ciencias*. Sevilla: Diada., 1995.

[13] Anderson O. R. and Demetrius O. J. *Journal of Reseach in Science Teaching*, 30, pp. 953-969, 1993.

[14] Ruiz-Primo M. A. and Shavelson R. J. *Journal of Reseach in Science Teaching*, 33, pp. 569-600, 1996.