

Modelos y analogías en la formación de ingresantes a carreras científico-tecnológicas

Models and analogies in the training of students entering in scientific-technological careers

Presentación: 00/00/2021

Jorge Paruelo

Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional Buenos Aires) – Universidad de Buenos Aires - Argentina

jparuelo@frba.utn.edu.ar / jparuelo@gmail.com

Resumen

Los cursos introductorios a la universidad que se brindan a los ingresantes, generalmente abordan la revisión de contenidos disciplinares de la enseñanza media. Es posible, sin embargo, emplear estos cursos para introducir a los estudiantes en formas de abordar problemas mediante modelos y analogías. En el presente trabajo se expone una manera de hacer esto sin abandonar contenidos de revisión. Se muestra cómo introducir a los estudiantes en nuevas formas de pensamiento, útiles para el desarrollo posterior de su carrera. Se resume una actividad particular y a partir de esa se tipifica una clase de actividad que permite seleccionar otros contenidos disciplinares si es usada apropiadamente. Esto abre la puerta a la elaboración de cursos introductorios con nuevos objetivos sin abandonar la revisión de contenidos.

Palabras clave: Modelización, enseñanza basada en la modelización, analogías, modelos analógicos, enseñanza basada en modelos

Abstract

Introductory university courses offered to students usually deal with a revision of middle school contents. It is possible rebuild these courses to introduce students into new ways to solve problems using models and analogies. In this work is set a path out to do that, without leave aside traditional revision contents. It is showed how to introduce students into new thinking ways, useful to their career development. An activity is summarized and taking it as an example a kind of activity who allow contents selection, if is used properly, is typified. This kind of work allow the design of introductory courses with new goals maintaining contents revision.

Keywords: Modeling, Modeling based teaching, Analogies, analogical models, model based teaching.

Introducción

Los cursos introductorios a la universidad son usados, habitualmente, como instancias de revisión de conceptos o como recurso para adelantar contenidos. Sólo en algunas ocasiones se brinda a los estudiantes algunas herramientas adicionales que hacen a su vida universitaria.

En el caso de carreras científico-tecnológicas es usual que estos cursos, muchas veces nombrados como “niveladores”, incluyan contenidos de matemática que corresponden al curriculum de enseñanza media y algún contenido de física, química o biología, también de ese nivel de enseñanza. Se puede sostener que esos contenidos son imprescindibles para continuar los estudios y que muchos de los estudiantes que atraviesan el curso no los han asimilado convenientemente en el ciclo secundario. No ponemos en duda estas últimas afirmaciones.

Sin embargo, existen otros contenidos que, como herramientas del pensamiento y habilidades, son necesarias para el desarrollo de cualquier carrera en el área. Estos contenidos sólo recientemente se han introducido, parcialmente, en el curriculum de la enseñanza media y con una instrumentación que dista aún de ser la mínima indispensable (DCCABA, 2015). Nos referimos globalmente a la modelización y al pensamiento por analogía.

La modelización es un proceso asociado con la actividad científica. Parte de abordar un problema para cuya resolución se utiliza algún modelo, ya sea uno conocido, una modificación de alguno conocido o bien un modelo desarrollado para ese caso. Hay distintos esquemas sobre cuáles son las partes del proceso y cómo se desarrolla la secuencia de pasos de este proceso pero, en general, se acepta que consiste en obtener información sobre el problema a abordar, establecer qué objetivos persigue el modelo a desarrollar respecto de la situación problemática, buscar un modelo conocido que pueda aplicarse, modificarlo si es necesario o desarrollar uno nuevo y finalmente evaluar si cumple con los objetivos buscados. Suele agregarse a este proceso una ampliación de la evaluación del modelo a partir de ver qué otras situaciones problemáticas permite abordar el nuevo modelo (Justi, 2006; Oliva, 2019).

El aprendizaje de este proceso requiere desarrollar un conjunto de habilidades que están involucradas en distintas etapas del mismo (Gilbert y Justi, 2016). A eso apunta la llamada “enseñanza basada en la modelización”.

Una de esas habilidades es el pensamiento analógico, en el que se ven involucradas analogías. Estas herramientas constituyen un recurso útil de enseñanza pero también traen consigo una forma de abordar la resolución de problemas (Thagard, 2008).

En el presente trabajo se propone un camino para rediseñar cursos introductorios universitarios centrados en el desarrollo de habilidades involucradas en la modelización y en el pensamiento por analogía. En lo que sigue se argumentará por qué centrar la enseñanza en los elementos mencionados, se esbozará cómo hacerlo y se propondrán otras formas de incorporar los contenidos tradicionales de los cursos introductorios universitarios actuales.

Desarrollo

Algunos teóricos cognitivistas (Johnson-Laird, 2010) sostienen que una forma de pensar del ser humano es hacerlo mediante modelos. En nuestra vida cotidiana utilizamos modelos espaciales para desenvolvernos. Tenemos incorporado, aquellos que vivimos en lugares en los que los cines pasaron a ser parte de los ‘shoppings’, un modelo de sala de cine que nos lleva a que rápidamente nos ubiquemos en la zona deseada para ver la película. Es un modelo con la entrada por detrás de la última fila de butacas, con pasillos con butacas a ambos lados y la pantalla al frente¹. Aunque es raro encontrarlas, algunas pequeñas salas tienen la entrada a un costado de la pantalla, con un pasillo único entre una pared y las butacas, algo que obliga a repensar la ubicación deseada² porque nos saca de la comodidad mental de operar nuestras acciones desde nuestro modelo. Seguramente podamos pensar otros modelos espaciales cotidianos con los que nos manejamos a diario, de ubicación en supermercados, de ubicación en medios de transporte, etc. También manejamos modelos temporales o espacio-temporales (puede pensarse en modelos para

¹ Los que tienen más edad tienen otros modelos de sala de cine incorporados. Antes de los años 90 los cines tenían otra disposición.

² El autor de este trabajo constató esto en una sala de cine de la ciudad de Buenos Aires, ahora cerrada.

organizar las compras por los negocios de barrio optimizando la carga de peso o minimizando el tiempo). Los niños pequeños suelen aplicar modelos familiares humanos a diferentes situaciones con objetos inanimados o animales. También se suele usar el modelo de organización social básica para explicar el funcionamiento de diferentes partes de nuestro cuerpo a los niños, por ejemplo, cuando se sostiene que los glóbulos blancos son ‘la policía del cuerpo’ que persigue a los ‘delincuentes’ que se introducen en nuestro cuerpo para enfermarnos. Estos últimos ejemplos emplean analogías como soporte.

Ya que se han mencionado las analogías vamos a apelar a una para argumentar lo que sigue. Todos desarrollamos desde pequeños la motricidad fina que nos brinda habilidades para utilizar las manos para diferentes acciones. Sin embargo, para fines específicos esa motricidad fina requiere especializarse. Un guitarrista, un pintor o un ceramista ponen en juego esa motricidad fina, pero cada uno con un entrenamiento diferente para llevar a cabo su actividad profesional. De modo análogo, aunque aceptemos que pensar mediante modelos es una característica de todos los seres humanos, hacerlo en el área científico-tecnológica requiere de un entrenamiento específico. Esa formación en modelización se desarrolla a lo largo de toda la carrera universitaria, pero es importante introducirla desde el primer encuentro entre el estudiante y la universidad y continuarla con una articulación de las materias básicas iniciales. Debería comenzar en la enseñanza media, tal es la pretensión al incorporarla en el curriculum, pero todavía estamos lejos de tener esto como un hecho.

Cómo se mencionó, una de las habilidades involucradas en la modelización es el pensamiento por analogía y el empleo de estas es central en este proceso. En primera instancia, es importante que el estudiante sepa identificar analogías y luego pueda desarrollarlas por sí mismo (Ares et al., 2006; DiSiullo y Paruelo, 2016). Este último paso es relevante como herramienta para el desarrollo de modelos. La introducción de analogías, de modelos analógicos y la discusión de por qué una analogía es tal, es lo relevante en el período introductorio.

Se ha sostenido hasta acá, por un lado, que la modelización es la continuidad de una forma de pensar del ser humano desde pequeño, centrada ahora en procesos específicos científico-tecnológicos, y por otro que la formación específica en este proceso es importante realizarla desde el comienzo de cursado de los estudios universitarios. Vamos a proponer ahora algunas líneas de acción para diseñar cursos introductorios con estos elementos como foco.

Diseño

Diseñar un curso centrado en la modelización y el uso de analogías requiere ubicar las actividades a desarrollar en algún marco teórico. Una vez hecho esto es necesario seleccionar contenidos y desarrollar actividades que permitan que los estudiantes desarrollen esos contenidos.

La enseñanza basada en la modelización da un marco que sirve de soporte teórico para este diseño. Como se mencionó este marco tiene variantes, acá seguiremos la versión general que proponen J. Gilbert y R. Justi en (Gilbert y Justi, 2016) y una adaptación de la metodología propuesta por I. Halloum (Halloum, 2007), en este caso para el diseño de las actividades.

La selección de contenidos para un curso está en función del tipo de formación que se pretenda en la carrera. En el caso de carreras científico-tecnológicas el uso de modelos y la modelización está presente en todas. En tal sentido la selección de contenidos³ para un curso como el que se propone se centrará en la elección de tipos de modelos que se pretende introducir. Así, en carreras con fuerte formación en matemática y física se pueden elegir modelos descriptivos espaciales y modelos espacio-temporales mientras que en carreras ligadas a la biología tal vez convenga elegir otros tipos de modelos, como los homeostáticos o los de aceleración de procesos (al estilo del comportamiento enzimático). En lo que sigue nos centraremos en resumir un ejemplo de actividad para carreras de primer tipo y en particular una actividad diseñada para cursos introductorios de ingeniería.

Una vez seleccionado el tipo de modelos a trabajar en el curso, se completan esos modelos con contenidos de matemática y física convenientes. En el caso que consideramos a continuación como ejemplo se trabajan contenidos físicos de cinemática y contenidos matemáticos de funciones (cuadrática y lineal) y formas de representación (algebraica, gráfica y paramétrica). Es posible ver que

³ Como se puede apreciar, se está tomando un significado del término “contenido” bastante amplio que excede lo estrictamente disciplinar o lo que en alguna época se mencionaba como contenido “conceptual”.

la introducción de algunos contenidos ‘de revisión’ de lo visto en la enseñanza media pueden abordarse en el marco de este enfoque.

Las actividades a proponer en el curso son varias y acá presentaremos una a modo de ejemplo y concluiremos con algunas características para armar un esquema de actividades-tipo.

La actividad que se propone a los estudiantes involucra el uso de un utilitario bastante difundido llamado “Tracker”. Este utilitario permite obtener datos a partir de un video. Funciona a la manera de las sobreimpresiones que se hacen en las transmisiones de partidos de fútbol que determinan distancias, posiciones o velocidad de la pelota. Tracker obtiene a partir de una filmación, por ejemplo el de una pelota describiendo un tiro oblicuo, posiciones y tiempos, conociendo algunas medidas reales de lo filmado como referencia para que pueda calcular la escala de las imágenes. Permite colocar ejes coordenados en diferentes lugares de la imagen y con ello obtener distintas mediciones de posiciones. Los tiempos los mide respecto del comienzo de la filmación. Con Tracker es posible señalar puntos en la trayectoria de un objeto con bastante precisión como para disponer de una gran cantidad de valores de esa trayectoria junto con el tiempo en el que el objeto pasa por ese punto respecto del inicio del video. Luego se obtienen los datos en tablas de valores o en gráficos. En la actividad propuesta no se considera el trabajo con errores para no distraer la atención del objetivo central de la actividad. En el caso de la actividad diseñada se considera una pelota lanzada describiendo un tiro oblicuo. La actividad se diseña con dos variantes según las posibilidades prácticas⁴. En una de ellas, se colocan los ejes coordenados en el punto en el que la pelota se desprende de la mano que la arroja y se señalan puntos sobre la trayectoria de manera predeterminada, antes del acceso de los estudiantes a los datos del Tracker. Se registran los valores obtenidos de tiempos y ambas coordenadas espaciales (x para la horizontal e y para la vertical) en una tabla y a la vez se obtienen los gráficos de cada coordenada en función del tiempo ($x=x(t)$ e $y=y(t)$).

Sobre estos datos y con el tracker disponible para que los estudiantes lo usen con la filmación propuesta (es un programa gratuito) se desarrolla la actividad. En el caso de la otra variante de la actividad, la que es mejor para los objetivos de aprendizaje ligados a la modelización, se entrega la filmación para que los estudiantes mismos coloquen los ejes y determinen los puntos de los que van a obtener datos.

La aplicación de la actividad tiene tres etapas:

- 1 – Preparatoria
- 2- De desarrollo
- 3 – De discusión posterior

En la etapa preparatoria se familiariza a los estudiantes con el tracker y con los datos que se obtienen en sus distintos formatos. También se establece el objetivo del modelo a desarrollar: obtener una representación matemática del movimiento filmado (se puede o no usar el término “modelo” en esta etapa, pero sí se utiliza en la tercera etapa).

En la etapa de desarrollo se lleva a cabo la actividad diseñada. En el caso de la primera variante de la actividad se pide, en primer lugar que obtengan una función que describa la evolución temporal de la coordenada horizontal tomando los datos del gráfico correspondiente. Esto es simplemente encontrar la ecuación de una recta, aunque con la dificultad de que el gráfico presentado puede no estar centrado en el origen ya que depende de dónde se coloquen los ejes coordenados y de qué lugar se empiecen a tomar los datos. Luego se pide que hagan lo mismo con la coordenada vertical a partir del gráfico correspondiente. En este caso se espera que los alumnos conjeturen una función cuadrática como expresión analítica del gráfico y que obtengan su expresión. Luego se pide que obtengan una expresión para la trayectoria utilizando los datos de la tabla, esperando que conjeturen una función cuadrática como representación a partir de la filmación y los puntos señalados sobre la trayectoria. Para llevar a cabo estos pasos es posible que sea necesario recuperar algunos conceptos matemáticos como el de función lineal y cuadrática y formas de obtener su expresión analítica a partir de datos gráficos. Es de remarcar que esta revisión se lleva a cabo como una necesidad para resolver un problema, es decir en el contexto de su aplicación a un problema. Puede ser interesante, si el tiempo lo permite

⁴ Posibilidades limitadas por tiempos disponibles para desarrollarla, posibilidades técnicas, masividad del alumnado, etc.

que sean los propios estudiantes los que busquen, en bibliografía por ejemplo, esta revisión de formas de cambios de registros de representación de las funciones bajo estudio. En cualquier caso, lo importante es que los cursantes vean la necesidad de buscar estos recursos. A continuación, se pide que justifiquen que las expresiones obtenidas son aceptables para representar lo pedido. Luego se trata de que los estudiantes recuperen los conocimientos cinemáticos ya conocidos o que se revisan para la ocasión de MRU y tiro vertical. Que evalúen si el modelo obtenido es compatible con los modelos cinemáticos mencionados y que señalen cómo hacen para evaluar dicha compatibilidad. Finalmente se pide que intenten expresar una forma de dar cuenta de cualquier tiro oblicuo. Se espera que a partir de un trabajo de intercambio entre estudiantes y una guía del docente conjeturen la representación paramétrica del modelo físico de tiro oblicuo y obtengan la expresión de la trayectoria.

En la segunda variante de aplicación de la actividad, se guía el trabajo de los estudiantes de manera que ellos mismos propongan, formulen y evalúen el modelo buscado. En este caso la orientación esta menos pautada de antemano y requiere un trabajo más adaptativo del docente para que los estudiantes puedan llevar a cabo la tarea de manera que obtengan datos con los que puedan trabajar. Es particularmente relevante la orientación de los ejes coordenados para que uno de ellos coincida con la dirección de la gravedad pues de otro modo se puede complicar el manejo matemático de los datos. Las pautas que brinda la otra variante sirven de guía para la orientación del docente, aunque éste no debe forzar la situación buscando que los estudiantes se acomoden a esa alternativa sino darles pautas que los guíen.

La tercera etapa apunta a la reflexión metacognitiva y el análisis de lo realizado abordando las características de los modelos particulares trabajados y las de los modelos en general junto con los aspectos del proceso de modelización. Llegado este punto se trabaja también el desarrollo de una analogía utilizando variables diferentes. Por ejemplo, aplicando el modelo al desarrollo de ganancias empresarias respecto del tiempo o de la relación entre presión y temperatura a volumen constante estableciendo convenientemente el núcleo isomórfico, el alcance y los límites de la analogía⁵.

La presentación que resumimos en este texto no incluye las consignas que se presentan a los alumnos. Es importante señalar que el lenguaje utilizado en el resumen de la actividad enunciada antes, difiere bastante del que se piensa para los estudiantes. Un elemento clave es no expresar en términos imperativos las consignas (“determina”, “calcula”, etc.) sino que las mismas deben ser expresadas en término de dudas y sugerencias no explícitas de posibles estrategias o de asociación con otros conceptos, modelos o fenómenos. La idea central es que sea el estudiante quien arme el camino y que además lo perciba así.

Objetivos y análisis de la actividad

En esta actividad se busca que los alumnos establezcan modelos. En primer lugar, modelos matemáticos descriptivos de posiciones respecto de tiempo y de trayectoria, sin recuperar aún modelos físicos conocidos. Un objetivo es entrenar al estudiante en el uso de la representación matemática de situaciones físicas y llegar a que valoren su utilidad. En segunda instancia se busca que den un paso más con la combinación de modelos conocidos para desarrollar un modelo nuevo, en este caso combinar los de MRU y tiro vertical para desarrollar el que permite trabajar con tiro oblicuo. Se busca que los estudiantes construyan (o reconstruyan) modelos ya desarrollados de la física y que pueden obtenerse a partir de modificaciones de modelos ya conocidos por los estudiantes o de una abstracción desde lo experimental al modelo. Esta característica da una pauta para seleccionar otros casos de la física (o de otras disciplinas) para diseñar actividades similares. Por ejemplo, utilizando el tracker puede trabajarse la filmación de movimientos en una mesa de tejo para introducir modelos representados mediante funciones lineales y también puede agregarse choque elástico como contenido de física⁶.

⁵ En el caso de ganancias o facturación empresaria el modelo puede ser de muchos tipos. En el caso de la relación entre presión y temperatura el modelo es lineal y es bueno aplicarlo en un caso particular, una olla a presión por ejemplo, para delimitar el alcance que tiene el modelo en cada caso y dónde se acaba la analogía entre la olla y las ganancias empresarias o el movimiento de la pelota. Puede verse el análisis de analogías y sus límites en (Ares et al., 2005).

⁶ La extensión de esta presentación no permite desarrollar el ejemplo.

Modelizar objetos, fenómenos, situaciones o aspectos del mundo requiere seleccionar o crear conceptos, caracterizar variables, establecer cuáles son directamente detectables y de qué manera, entre otras cosas. En la actividad propuesta, los estudiantes no tienen que llevar a cabo estos pasos, que suelen ser los más complejos de la modelización, sino que tienen disponibles los conceptos necesarios: posiciones, tiempos, velocidad, aceleración y también aquellos requeridos por la representación matemática. También tienen caracterizadas las variables y constantes específicas y cómo detectarlas. El trabajo de los estudiantes consiste en relacionar convenientemente los conceptos y establecer los valores relevantes de las constantes para que el modelo se pueda aplicar. Es accesible para estudiantes que aún están recorriendo sus primeros pasos formativos en la universidad y en la modelización en particular. Este tipo de actividades son las que se proponen para iniciar el recorrido en la modelización.

Otro elemento a tener en cuenta es que desde esta actividad puede luego derivarse el análisis ampliatorio hacia la disciplina sobre la que se desea trabajar. Por ejemplo, un camino posible a seguir pasa por ahondar en el modelo físico y así avanzar en esa disciplina. Otro camino posible lleva a la representación paramétrica de curvas y funciones, en este caso encaminados hacia la profundización conceptual matemática. Para decirlo en otros términos, la actividad funciona como integradora de áreas y articuladora del proceso formativo, al menos en materias básicas iniciales de la formación científico-tecnológica, en este caso de física y matemática.

La extensión de este trabajo no permite extenderse en la ejemplificación de cómo emplear analogías en el marco del curso diseñado pero de manera resumida podemos decir que el trabajo consiste en brindar situaciones de fácil acceso epistémico para los estudiantes de manera que puedan abstraer su estructura y luego, con la guía del docente trasladen dicha estructura a una nueva situación en otra área, analizando alcance, límites y deficiencias de la analogía establecida (Ares et al., 2006; Ares et al., 2005; Di Sciullo y Paruelo, 2016).

Conclusiones

La actividad presentada pretende que los estudiantes avancen en el desarrollo de modelos a partir de conceptos y variables conocidas y de modelos conocidos previamente. A la vez busca que sirva de motivador para el tratamiento de nuevos temas y conceptos.

Las analogías se introducen como recursos para introducir modelos y conceptos nuevos empleando análogos de más sencillo acceso epistémico para luego discutir por qué los presentados son análogos. De esta forma también se introducen modelos análogos.

La introducción de contenidos disciplinares es posible hacerla desde el marco de una actividad de modelización eligiendo convenientemente la situación que se propone. En el caso visto se trabajan funciones lineal y cuadrática y los registros gráficos, analíticos y tabulares en matemática y los movimientos rectilíneo uniforme y el tiro vertical de física.

Caracterizar tipos de actividades permite tener un marco para elaborar actividades particulares con las características señaladas en la tipificación. La agenda de trabajo prevé una tipificación de modelos y analogías accesibles o adaptables para interesantes.

Referencias

DCCABA (2015) *Diseño Curricular Nueva escuela secundaria-Ciudad de Buenos Aires. Ciclo orientado Matemática y Física*. Buenos Aires: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Justi, R. (2006). La enseñanza de la ciencia basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173-184.

Oliva, J. (2019) Distintas acepciones para la idea de modelización en enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 37(2), 5-24.

- Gilbert, J., Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Springer.
- Thagard, P. (2008) *La mente. Introducción a las ciencias cognitivas*. Katz Editores.
- Johnson-Laird, P. Mental models and human reasoning. *PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA)*. 107(43). 18243-18250.
<https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1012933107>
- Halloum, I. (2007). Mediated Modeling in Science Education. *Science & Education*. 16, 653-697.
- Ares, O., Di Sciullo, A., Jiménez, G., Miguel, H., Paruelo, J., Reynoso, L. (2006). Nuevos roles para propiedades y relaciones en la estructura de una analogía. *Signos Filosóficos*. 8(16), 81-96.
- Di Sciullo, A., Paruelo, J. (2016). Propuesta para desarrollar la creatividad de docentes de ciencias. En Chrobak, E., Chrobak, R. (coord.). *La creatividad como base de la innovación*. Editorial Educo. 143-153.
- O. Ares, A. Di Sciullo, H. Miguel, J. Paruelo. (2005). Propuesta de una herramienta para evaluar analogías. *Memorias de las VIª Jornadas Nacionales y Iº Congreso Nacional de Enseñanza de la Biología*. Buenos Aires, Argentina. 7 al 9 de octubre de 2004. 243-245.