



Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas  
Tendencias

ISSN: 1856-8327

revistaiaynt@gmail.com

Universidad de Carabobo

Venezuela

Kowalski, Víctor; Enríquez, Héctor; Santelices, Iván; Erck, Mercedes  
Enseñanza de algoritmos en Investigación Operativa: un enfoque desde la formación  
por competencias  
Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, vol. IV, núm. 15, diciembre, 2015,  
pp. 67-80  
Universidad de Carabobo  
Carabobo, Venezuela

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215047546008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Enseñanza de algoritmos en Investigación Operativa: un enfoque desde la formación por competencias

*Teaching algorithms in Operations Research: an approach from the competency-based training*

**Víctor Kowalski, Héctor Enríquez, Iván Santelices, Mercedes Erck**

**Palabras clave:** Formación por competencias, Métodos de enseñanza, Investigación operativa, Ingeniería industrial, Algoritmos.

**Key Words:** Competency-based training, Teaching Methods, Operations Research, Industrial engineering, Algorithms.

### RESUMEN

La misión del ingeniero es resolver problemas para servir a la sociedad, dentro de su campo profesional. Una de las formas de resolver problemas consiste en transformar las situaciones del mundo real en modelos matemáticos, para luego resolverlos, y, en función de, ello aportar elementos cuantitativos para la toma de decisiones. Entre las distintas herramientas que dispone un ingeniero industrial para resolver los modelos matemáticos se encuentran diferentes tipos de algoritmos, la mayoría de los cuales es corriente aprender a usarlos en los cursos de Investigación Operativa. Hasta no hace mucho tiempo, la enseñanza de los algoritmos en esta disciplina estaba centrada en la posibilidad que éstos sean resueltos "a mano", lo cual llevaba a una gran inversión de horas para estas actividades. Además, los problemas abordados académicamente estaban muchas veces alejados de las situaciones reales por su excesiva simplificación. Actualmente, la accesibilidad a computadores personales así como a paquetes de software comerciales que permiten resolver problemas complejos en poco tiempo, instalan algunas disyuntivas en este campo. Partiendo del enfoque de la Formación por Competencias, este trabajo se propone plantear una serie de interrogantes sobre el papel que debe tener la enseñanza de algoritmos en la formación de ingenieros industriales. Esta discusión surge como uno de los

resultados de un proyecto de investigación, en el cual se emplearon técnicas de investigación cualitativa y cuantitativa dentro del paradigma pragmático.

### ABSTRACT

The mission of the engineer is to solve problems to serve society, within his professional field. One way to solve problems is to transform real-world situations into mathematical models and then solve them, in order to provide quantitative elements for decision-making. Among the various tools available to an industrial engineer to solve mathematical models are different types of algorithms, most of which is common to learn to use them in Operations Research courses. Until not long ago, teaching algorithms was focused on the possibility of resolved them "by hand", which led to a large hours investment for these activities. Furthermore, the problems academically approached were often far from the real situations because their oversimplification. Nowadays, access to personal computers and commercial software packages which solve complex problems in short period of time, install some trade-offs in this field. From the competency-based training approach, this paper intends to propose a number of questions about the algorithms teaching role in the industrial engineers formation. This discussion emerges from a research project in which qualitative and quantitative methods were used, within the pragmatic paradigm.

## INTRODUCCIÓN

En las carreras de ingeniería, y en el caso de Ingeniería Industrial, los algoritmos ocupan un lugar importante, particularmente en la disciplina Investigación Operativa.

Por otra parte, la tarea del ingeniero es resolver problemas de su campo profesional para servir a la sociedad. Los problemas pueden ser resueltos usando enfoques cualitativos o cuantitativos. En éstos últimos, el procedimiento consiste en construir modelos matemáticos que representen las situaciones problemáticas. Seguidamente, dentro del mundo simbólico estos modelos son resueltos aportando elementos cuantitativos para auxiliar a la toma de decisiones. En el proceso de resolución de los modelos matemáticos los algoritmos tienen un papel importante. Generalmente la mayoría de estos algoritmos son aprendidos en los cursos de Investigación Operativa.

Las instituciones han actualizado y mejorado sus equipamientos, y, por otra parte, la evolución de los computadores personales, fundamentalmente el acceso a los mismos en virtud de la reducción de costos, así como la evolución de software comerciales, hace que la posibilidad de resolver problemas complejos en las aulas sea una realidad completamente tangible. Por esta razón, la resolución de algoritmos “a mano” que consumía gran parte del tiempo de las actividades en Investigación Operativa ha dejado de ser uno de los focos de atención. En esta dirección, García Sabater y Maheut (2015) sostienen que “el problema ha dejado de ser cómo resolver el modelo, el problema es modelar la realidad e interpretarla a través del modelo” ya que “la matemática y su hija menor, la informática, nos han proporcionado un buen modo de resolver”.

Además, cuando los algoritmos se resolvían “a mano”, las situaciones que se les presentaban a los alumnos tenían una complejidad relativamente baja, y éstos manifestaban una mayor facilidad para la tarea, casi mecanizada, de resolver el algoritmo. En cambio las dificultades se observaban en las etapas del modelado matemático, en el pasaje del mundo real al

simbólico, y la operación inversa, que es la interpretación de los resultados. Con la posibilidad de resolución de los algoritmos mediante el uso del computador, se pueden presentar a los alumnos situaciones problemáticas más complejas que se acercan a los problemas profesionales reales.

Además, dentro de un Modelo de Formación por Competencias, a la hora de redactar un Resultado de Aprendizaje que involucre la utilización de algoritmos se presentan algunos interrogantes para el cuerpo docente, en el contexto de la Investigación Operativa, como son:

- ¿Dentro de qué tipo de contenidos se encuentran los algoritmos?
- ¿Los algoritmos son objetos del conocimiento, una finalidad o una condición de referencia?
- ¿Qué categoría o nivel de pensamiento cognitivo ocupan los algoritmos?
- ¿Cómo debe tratarse el aprendizaje y entrenamiento de los algoritmos?
- ¿Es posible sustituir parcial o completamente la enseñanza de los algoritmos reemplazándola por la enseñanza de programas de computación?
- ¿En dicho caso, qué consecuencias podría haber en el desempeño profesional de los ingenieros industriales?

El conjunto de los interrogantes planteados implica abordar campos disciplinares que van más allá de la Investigación Operativa, e inclusive de la Ingeniería Industrial. Principalmente debe ingresarse al campo de la educación en general, y la formación por competencias en particular, además de la enseñanza de las matemáticas. Por lo tanto este trabajo no puede ser delegado a estas últimas disciplinas, sino que debe ser abordado por profesores de Investigación Operativa, que en definitiva son quienes deben buscar respuestas para una enseñanza de la disciplina acorde a las demandas de la sociedad actual. Ello no obvia que puedan apoyarse y auxiliarse sobre aquellos campos. Esto representa un desafío mayúsculo, pero en definitiva es un problema ingenieril que puede resolverse desde el propio método de la ingeniería.

## METODOLOGÍA

El método utilizado en el proyecto es el cualitativo dentro del paradigma pragmático, basado en una visión constructivista, debido a que el foco de la investigación está centrado tanto en los procesos como en el desarrollo e implementación de programas (Mertens, 2010). Las técnicas e instrumentos comprenden, entre otras, la revisión documental y bibliográfica, grupos de discusión, y la triangulación. Por otra parte, Hernández Sampieri et al. (2014) sostienen que el marco teórico es un proceso y un producto a la vez, que surge no solamente de un discurso teórico, sino que además se fundamenta en los análisis de los resultados de la praxis. La investigación bibliográfica se centra fundamentalmente en publicaciones referenciales sobre la Investigación Operativa y los algoritmos, y, por otra parte, sobre conceptos centrales de la Formación por Competencias. Además se ha complementado con una mirada proveniente de una entrevista a una experta internacional del área matemática.

## EL CONTEXTO

Una de las características de la sociedad del conocimiento es que los saberes registran un crecimiento vertiginoso. Buckminster Fuller (1895-1983), diseñador e inventor, entre otras titulaciones formales y no formales, propuso una forma de establecer cómo se acumulaba la información y el conocimiento (Knowledge Doubling Curve). Bajo esta concepción se estimaba que en el año 1900 el conocimiento se duplicaba cada 100 años, en 1975 cada 12 años, en tanto algunos plantean que próximamente ese valor no superará un simple día calendario. Más allá del indicador mencionado, o cualquier otro que se quiera utilizar, la realidad es que la velocidad de generación de nuevos saberes conspira contra cualquier programa académico formativo estático, ya que parte de lo que hoy se está planificando para enseñar, al cabo de poco tiempo será superado. Se habla de una parte

Por otra parte, también puede considerarse como un problema de ingeniería a resolver. Según la definición de competencia propuesta por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la Argentina, CONFEDI (2007), el fin u objetivo de ésta es resolver situaciones profesionales. Anderson, Sweeney, Williams, Camm y Martin (2011) sostienen que el acto de buscar una solución a un problema puede ser definido como “el proceso de identificar una diferencia entre el estado actual de las cosas y el estado deseado y luego emprender acciones para reducir y eliminar la diferencia”. Desde este enfoque, se trata de un problema ingenieril a resolver, en uno de sus campos de actuación: la formación de ingenieros. Claro está que debe ser abordado en forma interdisciplinaria, ya que implica un trabajo en la frontera pedagogía-ingeniería (P-I), a la que denominamos “frontera  $\otimes$ ”; problema que no puede ser resuelto solamente desde la disciplina de la ingeniería, o del campo de la pedagogía.

porque hay saberes que aún se mantienen y se mantendrán vigentes. Además, el conocimiento no solamente se ha expandido vertiginosamente, sino que se ha socializado, ya que es accesible en cualquier momento desde cualquier lugar por cualquier persona, en términos generales. Surge entonces otras preguntas: ¿y los nuevos conocimientos, los que vendrán mañana, el año siguiente, cómo se prepara el sistema para dicha coyuntura?, ¿qué conocimiento será permanente? En cuanto a los actuales estudiantes de ingeniería, no resulta necesario extenderse demasiado para aseverar que en muchos casos, existe una brecha tecnológica respecto a quienes hoy son sus profesores. Si bien no se puede dejar de lado el esfuerzo de los docentes que van más allá de lo que les exigen las normativas institucionales, está claro

que desde el punto de vista del sistema educativo no alcanza para producir la sinergia esperada.

Aguerrondo (2009), que cuestiona la validez del conocimiento que circula por el sistema educativo, se refiere a la crisis del modelo científico actual, fundamentalmente aquél basado en las tradicionales concepciones de la racionalidad. Así, se refiere a una nueva racionalidad, "sistémica", que no es consistente con la complejidad del mundo actual, sentenciando que "lo que impera todavía es lo que khunianamente hablando se puede designar como 'ciencia normal'". Por ello sostiene que hay dos modelos de conocimiento: uno del paradigma tradicional y otro del paradigma de la complejidad. El objetivo del primero es desarrollar teoría y los avances del conocimiento se revierten en la propia comunidad científica, los problemas de la realidad son vistos segmentados y el criterio de verificación del conocimiento se centra en la explicación del problema. En tanto, en el paradigma de la complejidad el conocimiento es válido en tanto pueda resolver problemas, pero aquellos que surgen de las necesidades sociales. Así, esta autora propone un cambio del pensamiento lógico tradicional a un pensamiento complejo, lo que implica a su vez pasar de la "construcción de teoría" a la "resolución de problemas" y "de las operaciones de pensamiento" a "la capacidad de actuar sobre la realidad". Posteriormente Aguerrondo (2009) orienta el planteo dentro del sistema educativo hacia la formación por competencias, sobre los aportes de Sergio Tobón, concluyendo finalmente que "el pensamiento complejo es la base de las competencias complejas".

Ya en un marco más específico, en noviembre de 2013 se suscribió la "Declaración de Valparaíso" (Anónimo, 2014), donde la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) adoptó como propia la síntesis de competencias genéricas de egreso acordadas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la Argentina (CONFEDI) en el año 2007. De este documento es importante rescatar aquí el concepto de Delimitación de la formación de grado que

surge de la siguiente afirmación: "Baste recordar que ni siquiera un ingeniero con un par de años de experiencia profesional está en condiciones de realizar de manera competente cualquier trabajo ingenieril posible" (Anónimo, 2014). Es por ello que la formación debe enfocarse a la inserción laboral del recién graduado. Esto no es un asunto menor, porque por más que los planes de estudio de las carreras de ingeniería se diseñen en un ambiente macro, donde intervienen distintos estamentos universitarios y extra-universitarios, lo que ocurre luego en las aulas, no necesariamente se corresponde.

#### La Formación por Competencias

A más de un cuarto de siglo de la Declaración de Bolonia, mediante la cual fue impulsado el Proyecto Tuning en la Unión Europea, la Formación por Competencias se ha instalado en la Educación Superior de maneras muy diferentes y con grados de avance muy disímiles, particularmente en los países latinoamericanos. Inclusive el propio concepto de Competencia resulta ser muy polisémico, situación que se magnifica a medida que surgen nuevas publicaciones al respecto. Como no es el propósito del presente trabajo abordar esta discusión, se asumirán algunos supuestos debidamente fundamentados. Además se pretende plantear una discusión a partir de lo que ya está instalado en los diferentes sistemas educativos, y a partir de allí encontrar puntos de convergencia, y obtener algunas respuestas, y por supuesto nuevas preguntas, en un camino hacia la mejora de la formación de ingenieros dentro de un modelo de FPC, particularmente en la Ingeniería Industrial.

En primer lugar se asume la definición de competencia propuesta por CONFEDI (2007) y asumida por la ASIBEI: "Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales". Esta definición, que se ha establecido a partir de los aportes de Perrenoud y Le Boterf puede ser contrastada, por ejemplo, con la que propone

Roegiers (2007): "Posibilidad, para un individuo, de movilizar, de manera interiorizada, un conjunto integrado de recursos con miras a resolver una familia de situaciones-problemas". A partir de dicho contraste, surge una pregunta inevitable: ¿qué es un profesional competente? En este sentido Le Boterf (2010) sostiene que es aquél que moviliza, ante una determinada situación, "una combinatoria apropiada de recursos (conocimientos, saberes hacer, habilidades, razonamientos, comportamientos, ...) (traducción nuestra)", sentenciando luego que "disponer de un equipamiento de recursos es una condición necesaria pero no suficiente para ser reconocido como competente" (Le Boterf, 2010). Los elementos clave que estos referentes proponen son la movilización, la actuación, el contexto profesional y la resolución de problemas, entre otros. Los recursos son saberes, o lo que normalmente se hace referencia como conocimientos. Estos saberes, o recursos como los denomina Roegiers (2006), es lo que normalmente se enseña, se aprende y se evalúa en las aulas, prácticamente siempre con una predominancia de los contenidos cognitivos, que es lo que figura en los programas analíticos de las asignaturas, o en los propios libros de texto: leyes de Newton, sistemas de ecuaciones, álgebra tensorial, programación lineal, etc. Sin embargo ser competente no es dominar estos contenidos, aunque es un requisito indispensable (pero no suficiente). La competencia se caracteriza por movilizar tres tipos de contenidos: conceptuales, procedimentales y actitudinales, o como afirma Roegiers (2006) "uno moviliza en todo momento recursos para hacer frente a situaciones naturalmente complejas, pero no piensa en descomponer dichos recursos ni a preguntarse qué recursos está movilizando".

La metodología utilizada por varios países latinoamericanos para diseñar los programas de formación de ingenieros enfocados a la Formación

por Competencias se menciona a continuación. A partir del Modelo Educativo propuesto por una Universidad, cada carrera formula el Perfil del Egresado. Luego, las Competencias Específicas se formulan de acuerdo a cómo se han desagregado los Dominios Disciplinarios en Dominios de Competencias. Una vez definidos los Dominios de Competencias, se formulan las Competencias Específicas y las Genéricas. Finalmente se redactan los Resultados de Aprendizaje que aseguren la formación de las competencias específicas. El Marco Europeo de Cualificaciones para el Aprendizaje Permanente, o EQF, (Comisión Europea, 2009) define los Resultados de Aprendizaje como la "expresión de lo que una persona sabe, comprende y es capaz de hacer al culminar un proceso de aprendizaje". Un Resultado de Aprendizaje se compone de los siguientes elementos: (Verbo de Desempeño) + (Objeto de Conocimiento) + (Finalidades) + (Condiciones de Referencia o de Calidad) (Universidad del Bío Bío -Vicerrectoría Académica, 2013).

Desde esta perspectiva el diseño del programa de una asignatura sigue una lógica inversa a la que corrientemente se utiliza. Se comienza por la redacción de los resultados de aprendizaje, es decir qué se espera que el alumno sea capaz de hacer. Seguidamente se plantea cómo deber ser esto logrado, vale decir establecer la mediación pedagógica. Posteriormente se enuncian los criterios de evaluación y recién allí se determinan cuáles contenidos son necesarios, sean éstos conceptuales, procedimentales o actitudinales. Finalmente se establece qué tiempo le insumirá todo ello a un alumno medio, tanto en el horario presencial como en el no presencial. Obviamente que no es un proceso lineal, sino que debe ser revisado de ida y de vuelta para verificar que exista un alineamiento constructivo en el sentido que proponen Biggs y Tang (2011).

## INVESTIGACIÓN OPERATIVA Y ALGORITMOS

La Investigación Operativa (IO), también denominada investigación de operaciones o investigación operacional, es una disciplina consolidada que en la actualidad pertenece a varios ámbitos. Algunos la conocen como programación matemática, otros como la teoría de las decisiones (dentro del paradigma de la racionalidad económica) y es parte de programas educativos de grado y posgrado, así como de actividades de investigación, en el campo de las matemáticas, de la Ingeniería Industrial, de la Economía, la Administración y de la Ingeniería en Sistemas entre otros.

La consideración de la IO por las matemáticas como una de sus ramas, lleva a entenderla como el uso de modelos matemáticos, estadística y algoritmos, para auxiliar procesos de toma de decisiones. Dentro de este campo generalmente se la asocia con la programación lineal (PL), cuyos orígenes algunos autores inclusive la remontan a los siglos XVII y XVIII, con los aportes de Newton, Leibnitz, Bernoulli y Lagrange, y hasta Fourier a principios del XIX. Sin embargo, los aportes de matemáticos y economistas como von Neumann, Koopmans, y Kantoróvich, entre otros, fueron los que comenzaron a darle forma consistente a esta disciplina, hasta que el físico y matemático G. Dantzig propusiera en 1947 el algoritmo simplex para resolver problemas de PL.

Desde los comienzos de la disciplina, la evolución de las técnicas cuantitativas juega un papel preponderante. A partir de la década de 1950 la IO se desarrolla con gran rapidez principalmente como consecuencia del progreso de las técnicas y de los avances de la computación electrónica (Hillier y Lieberman, 2015). Por otra parte, el nombre asignado a esta disciplina tiene origen militar, y fue a partir de los éxitos en este campo durante la Segunda Guerra Mundial que comenzó el interés de la industria por la aplicación de las técnicas de optimización.

Más allá de la relación de la IO con las matemáticas, interesa aquí el papel que desempeña esta disciplina en su aplicación en la administración en general, y en el campo de la Ingeniería Industrial en particular. Actualmente la IO se presenta como parte de una serie de contenidos obligatorios en la formación de ingenieros industriales, dentro del conjunto de las denominadas Tecnologías Aplicadas, establecidas en las normas de calidad que regulan el proceso de acreditación en la Argentina (Resolución Ministerio de Educación de Argentina N° 1054/02, 2002). Vale decir, aquí el foco de análisis está puesto en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la IO y no en otros aspectos, como ser actividades de investigación, por ejemplo.

De las distintas conceptualizaciones de la IO en los textos clásicos, se toma aquí una, como ser “en la ciencia de la administración (que también se denomina investigación de operaciones), los administradores utilizan las matemáticas y las computadoras para tomar decisiones racionales en la resolución de los problemas” (Mathur y Solow, 1996).

El tema del uso de las computadoras en la IO, particularmente en la enseñanza, queda asociado indefectiblemente a la disponibilidad de recursos informáticos (hardware y software específicos para IO) que pueda tener una institución educativa. Es así, que hasta hace poco tiempo, la enseñanza de la IO tuvo un gran énfasis en la resolución de algoritmos “a mano”, lo cual hacía que éstos tuvieran un papel central. Los problemas que se abordaban estaban diseñados para trabajar con pocas variables y pocas restricciones, muchas veces alejados de las situaciones reales por su excesiva simplificación, a lo cual no se le ha quitado mérito, ya que un aprendizaje significativo no necesariamente pasa por qué tan “compleja” pueda ser una situación modelada matemáticamente.

Desde el punto de vista de los Criterios de Intensidad de Formación Práctica (Resolución

Ministerio de Educación de Argentina N° 1054/02, 2002) la IO contribuye a la carrera con actividades de Resolución de Problemas de Ingeniería y Formación Experimental. La resolución de problemas se enfoca a situaciones reales o hipotéticas cuya solución requiera la aplicación de ciencias básicas y tecnologías. La formación experimental incluye actividades prácticas con computador, por lo tanto la disponibilidad de este recurso es imprescindible.

La IO opera en la práctica de la siguiente manera: a partir del reconocimiento de una situación problemática a resolver, se plantea el modelo matemático adecuado (el cual también puede ser una combinación de modelos de acuerdo a la complejidad) y se recogen los datos necesarios. Luego se resuelve el modelo matemático a través de la técnica o algoritmo adecuado. Obtenida la solución se verifica si es viable su implementación, ya que se está hablando de modelos matemáticos que representan conjuntos complejos en los cuales están involucradas personas, procesos, máquinas, dinero, etc. Generalmente la inviabilidad de la solución está asociada a una formulación incorrecta del modelo matemático, aspecto intrínseco de los modelos, relacionado, por ejemplo con la representación inadecuada de relaciones causa-efecto, datos que no han sido relevados o estimados pertinentemente, etc. O inclusive porque la solución puede tener implicancias sociopolíticas, ambientales, etc., cuya implementación no es aconsejable. En dicho caso se revisa el modelo y se vuelve a buscar una solución "adecuada".

Podría pensarse que la etapa de resolución es la más importante en un caso de aplicación, pero no es así. En realidad esta fase suele ser la más sencilla para los alumnos, encontrándose la mayor parte del trabajo, consumo de tiempo y requerimiento de capacidades específicas en las etapas anteriores del proceso de modelado (definir el problema y formular el modelo matemático) y las etapas posteriores a la resolución (interpretación, análisis posóptimo e implementación) (Hillier y Lieberman, 2015; Schrage, 2006).

Fue en los comienzos de la IO cuando los métodos de solución eran el principal foco de atención.

Según Schrage (2006), las principales capacidades requeridas para la práctica de esta disciplina han evolucionado de la siguiente manera:

A. *Década de 1950: Capacidad para resolver modelos.*

B. *Década de 1960: Capacidad para formular modelos de optimización.*

C. *Década de 1990 en adelante: Capacidad para aplicar modelos disponibles, tipo "plantilla".*

Los algoritmos desarrollados a lo largo de la historia de la IO pueden ser resueltos manualmente, sin necesidad de utilizar una computadora. Sin embargo, los problemas relacionados a IO, que suelen presentarse en la práctica del ingeniero industrial, tienen características complejas, tanto por su tipología como por los modelos matemáticos pertinentes. En este sentido, basta con listar los problemas que se pueden abordar desde la IO: mezclas de productos, planificación de producción, incluyendo problemas multiperiodo y multiproducto, análisis de inversiones, redes y transporte, programación de proyectos, asignaciones, inventarios, decisiones multicriterio, entre muchos otros. Por lo general, para cada problema existe, por lo menos, un algoritmo disponible. Luego, considerando el "tamaño" del modelo matemático, en cuanto a la cantidad de variables y de restricciones, así como la cantidad de datos de entrada y de salida, sin lugar a dudas, los procedimientos de resolución "a mano" por lo general resultan inviables en términos de tiempo y eficiencia.

En la bibliografía dedicada a la IO pueden encontrarse distintas posiciones o enfoques respecto a los modelos y al proceso de resolución. Como ejemplos, Hillier y Lieberman (2015), Taha (2012), Winston (2005), presentan un panorama "general" de la disciplina, donde dan importancia a los modelos, al modelado, al proceso de resolución y explotación del modelo. En sus obras abunda la exposición en materia de algoritmos, con demostraciones, teoremas, ejemplos resueltos y ejercicios. Pero en estos textos, en la medida que se publicaron nuevas ediciones desde sus lanzamientos, fueron introduciendo mayor cantidad de contenidos relacionados a la utilización de paquetes de software para la

resolución de modelos. En los mismos se encuentran tutoriales, ejemplos y ejercicios utilizando hojas de cálculo, incluyendo software complementario o “add-in” para las hojas de cálculo, lenguajes de modelado y optimización y en algunos de ellos paquetes específicos de software. También estos libros, especialmente Hillier y Lieberman (2015) y Taha (2012), en sus últimas ediciones presentan más ejemplos y casos reales. Estos libros que siguen el enfoque de profundización en los métodos de resolución continúan actualizándose, y en sus sucesivas ediciones van dedicando espacio para introducir más temas (ejemplos: las metaheurísticas, análisis de riesgos, programación lineal bajo incertidumbre) y algoritmos para resolver los modelos. Tanto Hillier y Lieberman (2015) como Taha (2012) al expandir sus contenidos, se vieron en la necesidad de publicar partes de sus libros en internet.

Por otra parte, se encuentran otros textos, como ejemplos los más recientes de Winston (Winston y Albright, 2011; Albright, Winston y Zappe, 2011) o el caso clásico de Eppen, Gould, Schmidt, Moore y Weatherford (2000), enfocados al uso de la IO en ciencias de administración. En otro grupo de libros de texto, y en la misma dirección, se pueden nombrar los casos de Anderson et al. (2011) así como Render, Stair y Hanna (2012) que hacen referencia a Métodos Cuantitativos para los Negocios. En textos como éstos, se profundiza en el proceso de modelado, pero se deja la resolución directamente para algún software, siendo las hojas de cálculo los recursos ampliamente utilizados. Luego se dedican a la discusión de los resultados, la explotación del modelo y experimentación en algunos casos con escenarios de tipo “¿qué pasaría si...?”. En resumen, enfocan los métodos de la IO exclusivamente hacia la generación de una solución o recomendación para la toma de decisiones (Anderson et al., 2011). También existen textos destinados a la utilización de algún software específico para modelar y resolver problemas de IO, tal como Schrage (2006). En estos textos, el enfoque es similar a los últimos, pero detallan más en profundidad aspectos propios del software.

Según Taha (2012), un algoritmo proporciona reglas de cálculo que se aplican en forma repetitiva y en cada iteración se trata de acercar la solución a un óptimo, pero “los cálculos asociados con cada iteración suelen ser tediosos y voluminosos, es recomendable que estos algoritmos se ejecuten con la computadora”. No obstante, el mismo autor no descarta la enseñanza de algoritmos. Manifiesta que un primer curso de IO (como en el caso en cuestión) debe permitir al estudiante apreciar la importancia tanto del modelado como del proceso de resolución. De esta forma, continúa diciendo: “Esto proporcionará a los usuarios de IO la clase de confianza que normalmente no se obtendría si la capacitación se enfocara sólo en el aspecto artístico de la IO, con el pretexto que las computadoras pueden liberar al usuario de la necesidad de entender por qué funcionan los algoritmos de solución” (Taha, 2012). Hillier y Lieberman (2015) también dedican gran parte de su clásico texto de investigación operativa a los algoritmos, puntualizan en todos los aspectos de resolución y después al análisis de resultados y explotación de los modelos.

Sin embargo, hay ciertas controversias en el enfoque de estos autores sobre los algoritmos. A modo de ejemplo, puede citarse el caso de la Programación Lineal (PL), uno de los temas más importantes y populares de la IO (Schrage, 2006; Taha, 2012). Si un problema de PL tiene solamente dos variables, se trata de un problema pequeño y puede resolverse gráficamente. Pero si el problema tiene más variables, entonces debe recurrirse al algoritmo simplex. No obstante, la resolución manual con el método simplex presenta inconvenientes, tal como sostienen Hillier y Lieberman (2015): “aunque es posible aplicar el método simplex a mano para resolver problemas muy pequeños de programación lineal, los cálculos necesarios son demasiado tediosos para llevarlos a cabo de manera rutinaria”. Por otra parte, los programas informáticos tampoco utilizan el algoritmo simplex tal cual fue desarrollado originalmente. Se han desarrollado otros algoritmos como el Simplex Dual, el Simplex Revisado, el algoritmo del Punto Interior, entre

otros. Además, según Taha (2012): "...el formato de la tabla simplex no es numéricamente estable, es decir que el error de redondeo cometido por la computadora y la pérdida de dígitos presentan serios problemas de cálculo, en particular cuando los coeficientes del modelo de PL difieren con mucho en magnitud".

A pesar de estos comentarios, tanto Hillier y Lieberman y Taha dedican un capítulo completo al algoritmo Simplex, presentando abundantes ejemplos y ejercitación con este método.

Diferente es la postura de Winston en sus textos para ciencias de administración (Winston y Albright, 2011; Albright et al., 2011). Según este autor, ciertos resultados o actitudes negativas de los estudiantes en el pasado pueden atribuirse a la forma en que aprendieron IO: el énfasis en las formulaciones algebraicas, la memorización de modelos matemáticos y algoritmos de solución, incluyendo la resolución a mano. En sus últimas obras hace hincapié en la lógica del modelado y las soluciones que pueden obtenerse. Respecto al procedimiento de solución, argumenta: "con la disponibilidad de computadoras para hacer el procesamiento numérico, no es necesario -salvo en los cursos avanzados- ahondar en los detalles de

las técnicas de solución. Esta tarea puede ser delegada a las máquinas, que para eso son mucho mejores que los humanos. El tiempo que se gastaba en tales detalles ahora se puede utilizar para desarrollar valiosas habilidades para el modelado" (Winston y Albright, 2011).

Tal como está planteada la cuestión, en función de las coincidencias y discrepancias de los referentes de la enseñanza de la IO, el problema en principio se reduciría a tomar una decisión sobre dos posturas:

A. Enseñanza y aprendizaje de algoritmos, utilizándolos para la resolución manual de ejercicios sencillos, con la posibilidad de abordar problemas más grandes con computadora.

B. Dejar todo el proceso de resolución de los modelos para la computadora.

También se puede seleccionar una posición intermedia, como ser utilizar un enfoque en unos temas y el otro enfoque en los restantes.

Sin embargo, por más "cómodo" que pueda representar tomar alguna de estas decisiones, habida cuenta de los fundamentos expuestos de los referentes de la enseñanza de IO, sería caer en un reduccionismo que deja de lado aspectos significativos de la Formación por Competencias.

## ENSEÑANZA DE ALGORITMOS EN EL MARCO DE LA FORMACIÓN POR COMPETENCIAS

La enseñanza de algoritmos comienza en los primeros estadios de la educación formal cuando los niños aprenden a realizar las operaciones básicas. Sigue luego en la enseñanza media, y por supuesto en la educación superior. Pero los inconvenientes con su enseñanza y aprendizaje son transversales. Por esta razón en los últimos tiempos se ha puesto cada vez más en evidencia que el aprendizaje de algoritmos por sí mismo es erróneo, y muchas veces carece de sentido. González Vázquez (2006) sostiene que "se debe buscar que los conocimientos, estén disponibles en los alumnos, porque sólo en ese caso podrán realizar estimaciones y tener algún control sobre los algoritmos que están aprendiendo o que usan",

es decir que este aprendizaje es válido en tanto sea realizado dentro de un contexto. Esto implica cambios en el rol del docente, si es que se esperan aprendizajes significativos (Martínez Merino, 2014). De lo contrario, como señalan Moreno Guzmán y Cuevas Vallejo (2004) la aplicación mecánica de los algoritmos lleva a cometer errores tanto a alumnos como docentes.

En el sub-apartado correspondiente a la Introducción se mencionó que la redacción de los Resultados de Aprendizaje es una de las etapas a cumplir cuando un espacio curricular se los orienta a la Formación por Competencias, y además se indicó cuál es la estructura para su redacción. En general para la determinación del verbo se

recomienda el uso de la Taxonomía de Bloom (Kennedy, 2007). La Taxonomía de Bloom para los objetivos educacionales está basada en tres dominios (Kennedy, 2007): Cognitivo, Afectivo y Psicomotor. Según este autor el plano cognitivo “describe como construimos sobre lo anteriormente aprendido para desarrollar niveles más complejos de comprensión” y establece seis niveles, los cuales son, desde el más bajo hasta el superior: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Los tres primeros niveles son denominados categorías de orden inferior, en tanto los otros tres son de categoría superior, porque implican operaciones de pensamientos más complejas. Una de las revisiones de la taxonomía de Bloom fue la de Anderson y Krathwohl que pasó de los sustantivos a los verbos y ubicó al verbo “crear”, asociado estrechamente con el verbo “diseñar” en el nivel superior (Krathwohl, 2002).

Sin embargo estas taxonomías son insuficientes para explicar qué lugar ocupan los algoritmos en los niveles cognitivos. La Taxonomía que da una respuesta sólida en este sentido es la de Marzano y Kendall (2007), quienes proponen tres dominios del conocimiento: Información, Procedimientos Mentales y Procedimientos Psicomotores; y tres sistemas de pensamiento: Nivel 1: Recuperación (sistema cognitivo); Nivel 2: Comprensión (sistema cognitivo); Nivel 3: Análisis (sistema cognitivo); Nivel 4: Utilización del conocimiento (sistema cognitivo); Nivel 5: Metacognición (sistema metacognitivo); Nivel 6: Sistema interno (self). El segundo dominio de conocimiento, “procedimientos mentales”, está compuesto en un nivel inferior por las habilidades y en un nivel superior por procesos. En tanto, las habilidades se componen jerárquicamente de reglas simples, algoritmos y tácticas.

A diferencia de la propuesta de Bloom que plantea el dominio psicomotor separado del cognitivo, Marzano y Kendall (2007) consideran que los

procedimientos psicomotores son un tipo de conocimiento. Primero, porque se almacenan en la memoria de forma idéntica que los procedimientos mentales, y en segundo lugar porque las etapas de desarrollo para la adquisición son similares a las de aquéllos: primero se aprenden como información, luego son formados y finalmente son llevados a un nivel de automatización. Vale decir, una etapa cognitiva, seguida de una de asociación, y finalmente una de autonomía. Como corolario, estos autores enfatizan que los algoritmos deben ser aprendidos al nivel de automatización para ser útiles.

Bajo el enfoque de Marzano y Kendall los algoritmos entonces son parte de los contenidos procedimentales, junto a otros como ser los heurísticos, así como “el desarrollo de procesos de creación y diseño de aparatos, máquinas y objetos tecnológicos en general; ...; la selección y uso de materiales, máquinas y herramientas; con el montaje de aparatos e instalaciones, ...” (García Ibarra, 2009).

Finalmente, para profundizar la relación de los algoritmos con la formación lógico-deductiva, tan mentada en las normas de acreditación de las carreras de ingeniería, tanto en la Argentina, como a nivel del Mercosur, debería recurrirse al concepto de “esquema” de Piaget, y particularmente a la Teoría de los Campos Conceptuales, de Vergnaud. En esta dirección Sureda Figueroa y Otero (2011) abordan detalladamente la noción de esquema, discutiéndola con las relaciones de la didáctica de la matemática, y particularmente con el concepto de algoritmo. Este aspecto es necesario abordarlo, dado que la definición de Competencia de CONFEDI, adoptada por la ASIBEI, precisamente hace referencia a los esquemas como uno de los elementos a articular. Sin embargo, este tema escapa a su tratamiento aquí, momentáneamente, en función de los objetivos del trabajo y de las limitaciones de espacio.

## DISCUSIONES

Respecto de la primera pregunta formulada, ¿Dentro de qué tipo de contenidos se encuentran los algoritmos?, a través de la Taxonomía de Marzano y Kendall la respuesta es clara y no admite dudas: es un contenido conceptual, y en consecuencia cualquier aprendizaje sustantivo requiere alcanzar un nivel de automatización para que pueda ser útil.

En relación a la segunda pregunta, sobre si los algoritmos son objetos del conocimiento, una finalidad o una condición de referencia, la respuesta no es única. Pueden ser objetos de conocimiento, o inclusive una finalidad, pero dependiendo del contexto, como ser una carrera vinculada a la matemática, o, a la Ingeniería en Sistemas, pero no en el caso de Investigación Operativa en Ingeniería Industrial. La misma relatividad se plantea si se toma el algoritmo como una condición de referencia en un Resultado de Aprendizaje. En función de lo expuesto sobre el uso de software para resolver los modelos matemáticos, tampoco debería ser una condición de referencia en una carrera de Ingeniería Industrial, sobre todo pensando en competencias de egreso, tal como lo asume la ASIBEI.

La pregunta ¿qué categoría o nivel de pensamiento cognitivo ocupan los algoritmos? se relaciona con la anterior y también con la primera. Si se pretende un Nivel 4, o sea de Utilización del conocimiento, el alumno debería alcanzar la tercera etapa, de automatización, pero ello solamente sería válido si los algoritmos ocuparan el lugar de objeto del conocimiento o de una finalidad en un Resultado de Aprendizaje. Todo esto conduce a la cuarta pregunta: ¿cómo debe tratarse el aprendizaje y entrenamiento de los algoritmos? El aprendizaje de los algoritmos debería enfocarse en el Nivel 2, es decir el de Comprensión. En este nivel, según Marzano y Kendall (2007) las operaciones mentales involucran dos procesos relacionados: la

integración y la simbolización, donde uno de los patrones de organización es el de solución de problemas, que sirve para organizar la información sobre un problema y sus posibles soluciones. En términos pragmáticos esto implicaría, por ejemplo, que el alumno sea capaz de identificar cuál o cuáles son los posibles algoritmos a utilizar para resolver un determinado modelo matemático, y cómo serían él o los resultados que obtendría. Poniendo el límite justamente allí, en principio no sería necesario el entrenamiento de algoritmos, pero sí el adecuado nivel de comprensión de los mismos que le permita, por ejemplo, reconocer cual o cuales pueden ser más eficientes para obtener una solución, los parámetros del algoritmo que influyen en la calidad de la solución (por ejemplo la tolerancia de la solución en problemas de variables enteras), interpretar las respuestas del software, particularmente en los casos cuando se presentan mensajes de error, como ser soluciones infactibles, óptimos alternativos, etc.

De acuerdo con el análisis de las cuatro preguntas anteriores, la que sigue, sobre si es posible sustituir parcial o completamente la enseñanza de los algoritmos reemplazándola por la enseñanza de software, dependerá de otros factores, como por ejemplo la relación entre los contenidos y el crédito horario establecidos para la asignatura. Tal cual señaló Taha, si la resolución de un algoritmo “a mano” proporciona algún tipo de confianza al alumno, puede ser utilizado entonces como mediación pedagógica en algunos casos.

Finalmente, la última pregunta que plantea las consecuencias que podría haber en el desempeño profesional de los ingenieros industriales, en el caso que hubiera un total reemplazo de los algoritmos resueltos “a mano” por la computadora, para tener una respuesta categórica precisaría de investigaciones profundas, complejas y extensas.

## CONCLUSIONES

Si las instituciones de educación superior formadoras de ingenieros industriales pretenden servir a la sociedad actual aportando profesionales competentes capaces de resolver problemas, transformando la realidad, deben resignar algunos espacios de la "construcción de teoría" y poner énfasis en otro tipo de entrenamiento. Es desde este enfoque que la enseñanza de algoritmos debe ser rediscutida en la disciplina Investigación Operativa de las carreras de Ingeniería Industrial. Esto no significa orientar la enseñanza a aspectos meramente utilitarios, sino que dentro de las disponibilidades de los diferentes espacios curriculares las actividades deben enfocarse principalmente a la resolución de problemas, particularmente en el marco de las competencias de egreso.

Estas competencias no se alcanzan en forma teórica. Solamente son viables de ser desarrolladas poniendo a los alumnos en situaciones desafiantes, es decir situaciones problemáticas más cercanas a la realidad del ejercicio de la profesión, desde una concepción educativa del paradigma de la complejidad. El alumno actualmente tiene a disposición recursos informáticos, mediante los cuales ahora puede experimentar con los modelos, en vez de consumir tiempo en los procesos mecánicos que implican la resolución "a mano" de

algoritmos, lo cual hace que aprenda de otra manera, potenciando su capacidad de resolver problemas. Así se puede reorientar la formación práctica poniendo el énfasis en el proceso de modelado, la explotación de los modelos y el análisis en profundidad de los resultados obtenidos, cuestión que no pueden hacerlo las computadoras.

Las competencias específicas de egreso, y los Resultados de Aprendizaje asociados a cada una de ellas, son los elementos que deben definir el lugar a ocupar por los algoritmos, en el Plan de Estudio de una carrera de Ingeniería Industrial. No se trata de que este lugar sea asignado por simples cuestiones históricas tradicionalistas, o porque ciertos libros de texto así lo presentan. En este sentido es el enfoque de la formación por competencias el que establece un marco claro para esta discusión.

Sin embargo, el profesor de Investigación Operativa sigue siendo el experto en su disciplina, y por tanto uno de los actores centrales para tomar las decisiones apropiadas sobre las disyuntivas planteadas, que por cierto también existen para los autores clásicos de los libros de texto utilizados en Investigación Operativa. Tampoco esto implica que no deba apoyarse sobre los expertos de otras áreas, como por ejemplo en este caso, de expertos en matemática y en educación.

## REFERENCIAS

Aguerrondo, I. (2009). Conocimiento complejo y Competencias Educativas. IBE Working Papers on Curriculum Issues, n.º 8, UNESCO, Ginebra, Suiza. [Documento en línea]. Disponible en: [http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user\\_upload/Publications/Working\\_Papers/knowledge\\_compet\\_ibewpci\\_8.pdf](http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/Publications/Working_Papers/knowledge_compet_ibewpci_8.pdf). [Consulta: 2015, Octubre 29].

Albright, S. C.; Winston, W. L. & Zappe, C.J. (2011). Data analysis and decision making. 4th ed. Mason, Ohio: Cengage Learning.

Anderson, D.; Sweeney, D.; Williams, T.; Camm, J. y Martín, K. (2011). Métodos cuantitativos para los negocios. México. 11ra. ed. México: Cengage Learning.

Anónimo (2014). Competencias en Ingeniería. Mar del Plata: Universidad FASTA.

Biggs, J. y Tang, C. (2011). Teaching for Quality Learning at University. 4th ed. Glasgow: Mc.Graw-Hill.

Comisión Europea (2009). El Marco Europeo de Cualificaciones para el aprendizaje permanente

- (EQF-MEC). Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- CONFEDI (2007). Competencias Genéricas. Desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina. San Juan: Universidad Nacional de San Juan.
- Eppen, G., Gould, F., Schmidt, C., Moore, J., y Weatherford, L. (2000). Investigación de operaciones en la ciencia administrativa: Construcción de Modelos para la toma de Decisiones con Hojas de Cálculo Electrónicas. 5ta. ed. México: Prentice-Hall.
- García Ibarra, C. (2009). La ingeniería en el Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica. El proceso de diseño e innovación curricular para la formación y desarrollo de competencias profesionales. México: Editorial AI.
- García Sabater, J. P. y Maheut, J. (2015). Modelado y Resolución de Problemas de Organización Industrial mediante Programación Matemática Lineal. [Documento en línea]. Disponible en: <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/modeladomatematico.pdf>. [Consulta: 2015, Octubre 15].
- González Vázquez, M. (2006). Proyecto de Innovación de Acción Docente: Estrategia didáctica para favorecer el desarrollo del razonamiento lógico matemático en alumnos de segundo grado de educación primaria. (tesis). México: Secretaría de Educación Pública, Universidad Pedagógica Nacional.
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. P. (2014). Metodología de la Investigación. 6ed. México D.F.: McGraw-Hill.
- Hillier, F. S. y Lieberman G. J. (2015). Introduction to operations research. 10th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Kennedy, D. (2007). Redactar y utilizar resultados de aprendizaje. Cork: University College Cork.
- Krathwohl, D. (2002). A revision of bloom's taxonomy: an overview. Theory Into Practice. 4 (2). 212-218.
- Le Boterf, G.: Professionnaliser (2010). Construire des parcours personnalisés de professionnalisation. Paris: Éditions d'Organisation Groupe Eyrolles.
- Martínez Merino, M. (2014). Aprendizaje basado en problemas aplicado a un curso de matemáticas de 2do. De telesecundaria. (tesis). Puebla: Facultad de Ciencias Físico Matemáticas - Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Marzano, R. & Kendall, J. (2007). The New Taxonomy of Educational Objectives. 2nd ed. Thousand Oaks: Corwin Press.
- Mathur, K. y Solow, D. (1996). Investigación de operaciones: El arte de la toma de decisiones. México: Prentice-Hall.
- Mertens, D. M. (2010). Research and evaluation in education and psychology: integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods. 3rd ed. California, London, New Delhi: SAGE Publications.
- Moreno Guzmán, S. y Cuevas Vallejos, C. (2004). Interpretaciones erróneas sobre los conceptos de máximos y mínimos en el cálculo diferencial. Educación Matemática. 16 (2), 33-104.
- Render B.; Stair, R. y Hanna, M. (2012). Métodos cuantitativos para los negocios. 11 ed. México: Pearson Educación.
- Resolución Ministerio de Educación de Argentina N° 1054/02. Estándares para la acreditación de Ingeniería Industrial. Boletín Oficial N°30.014. Buenos Aires, 2002.
- Roegiers, X. (2006). ¿Se puede aprender a bucear antes de saber nadar? Los desafíos actuales de la reforma curricular. Ginebra: UNESCO. IBE Working Papers on Curriculum Issues N° 3.
- Roegiers, X. (2007). Pedagogía de la integración. Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza. San José. Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana y AECI. Colección IDER (Investigación y desarrollo educativo regional).
- Schrage, L. (2006). Optimization modeling with LINGO. Estados Unidos. 6th ed. Chicago: LINDO Systems.
- Sureda Figueroa, P. y Otero, M. (2011). Nociones fundamentales de la Teoría de los Campos Conceptuales. Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias. 6 (2), 124-138.
- Taha, H. A. (2012). Investigación de operaciones. México. 9 ed. México: Pearson Educación.

Universidad del Bío-Bío. Vicerrectoría Académica (2013). Manual de Elaboración de Programas de Asignaturas: Material de apoyo para la implementación del Modelo Educativo en el marco del proceso de Renovación Curricular en la Universidad del Bío-Bío. Concepción: Universidad del Bío-Bío.

Winston, W. L. (2005). Investigación de operaciones: Aplicaciones y Algoritmos. 4ta. ed. México: Thomson.

Winston, W.L y Albright, S. C. (2011). Practical management science. 4th ed. Mason, Ohio: Cengage Learning.

#### **Autores**

**Víctor Andrés Kowalski.** Magister en Ingeniería de Producción. Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Misiones, Argentina.

E-mail: [kowal@fio.unam.edu.ar](mailto:kowal@fio.unam.edu.ar)

**Héctor Darío Enríquez.** Magister en Logística Integral. Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Misiones, Argentina.

E-mail: [enriquez@fio.unam.edu.ar](mailto:enriquez@fio.unam.edu.ar)

**Iván Santelices Malfanti.** Doctor (c) en Ingeniería de Organización y Logística. Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío, Chile.

E-mail: [isanteli@ubiobio.cl](mailto:isanteli@ubiobio.cl)

**Isolda Mercedes Erck.** Especialista en Gestión de Producción y Ambiente. Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Misiones, Argentina.

E-mail: [erck@fio.unam.edu.ar](mailto:erck@fio.unam.edu.ar)

Recibido: 12-06-2015

Aceptado: 18-11-20