



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# LA LÓGICA MATEMÁTICA DESDE LAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS DE INFORMÁTICA

## *Mathematical logic from the computer science disciplines*

YUDELKIS VALDERRAMA GARRIDO<sup>[1]</sup>, WALFREDO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ<sup>[2]</sup>

*Recibido:12 de febrero de 2019. Aceptado:22 de junio de 2019*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2019.v6.n12.a65>

### RESUMEN

En esta era donde la evolución social ha llevado a la humanidad a la Sociedad de la Información y el Conocimiento, el trabajo de los ingenieros informáticos consiste fundamentalmente en detectar, reconocer y resolver problemas hallando soluciones informáticas cada vez más eficaces. La formación de ingenieros en este sentido tiene una característica básica: la necesidad de crear una base lógico-matemática muy sólida, de manera que su desempeño estará regido ampliamente por una adecuada interpretación del problema y la siguiente búsqueda de la solución. Por tal razón se aborda la importancia de la Lógica Matemática y su profunda relación con la Informática, especificando su vínculo con las principales disciplinas: Base de Datos, Programación, Ingeniería de Software, Arquitectura de Computadoras e Inteligencia Artificial. Se analiza, desde el punto de vista de las ciencias que intervienen en la formación del ingeniero informático, cómo en cada una de ellas se evidencia el impacto de la Lógica Matemática.

**Palabras clave:** Lógica Matemática, Disciplinas, Metodologías, Interpretación, Problema, Informática.

### ABSTRACT

In this era where social evolution has led humanity to the Information and Knowledge Society, the job of computer engineers is mainly to detect, recognize and solve problems by finding more and more effective computer solutions. The training of engineers in this regard has a basic characteristic: the need to create a very solid logical-mathematical base, so that their performance will be largely governed by an adequate interpretation of the problem and the next search for the solution. For this reason, the importance of Mathematical Logic and its deep relationship with Computer Science is addressed, specifying its link with the main disciplines: Database, Programming, Software Engineering, Computer Architecture and Artificial Intelligence. It is analyzed, from the point of view of the sciences involved in the formation of the computer engineer, how in each of them the impact of Mathematical Logic is evidenced.

**Key words:** Mathematical Logic, Disciplines, Methodologies, Interpretation, Problem, Computer.

## I. INTRODUCCIÓN

EL NACIMIENTO de la lógica propiamente dicho está directamente relacionado con el nacimiento intelectual del ser humano. La lógica emerge como mecanismo espontáneo en el enfrentamiento del hombre con la naturaleza, para comprenderla y aprovecharla. La palabra deriva del griego antiguo *logike*, que significa dotado de razón, intelectual, dialéctico, que a su vez viene de la palabra *logos*, que significa palabra, pensamiento, idea,

razón o principio. Es la forma de organización del pensamiento de acuerdo con un principio, para conseguir una determinada racionalidad. Descubre leyes y reglas de la forma de nuestros pensamientos, en la perspectiva de la verdad. Así la verdad se convierte en el horizonte de la lógica, haciendo su campo de estudio las especies o clases de pensamientos [1].

La lógica está relacionada con todas las ciencias porque desde el punto de vista formal todas

[1] Ingeniera en Ciencias Informáticas. Investiga en el tema "Contribución de la lógica matemática en la formación del ingeniero informático" para optar por el título de máster en Matemática Educativa. Pertenece al departamento de Informática de la facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Matanzas. Cuba. Correo electrónico: yudelkis.valderrama@umcc.cu

[2] Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor titular de Ingeniería Informática. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba. Correo electrónico: medina\_patricio@yahoo.es

las ciencias están integradas por conceptos, juicios y razonamientos, los cuales son la parte fundamental del objeto de la lógica. Además, la lógica proporciona a las ciencias la teoría para las demostraciones científicas. Toda ciencia está organizada conforme a las leyes de la lógica y ciertamente se utiliza en forma constante el razonamiento lógico para realizar cualquier actividad. A partir de mediados del siglo XIX la lógica formal comenzó a estudiarse en el campo de las matemáticas, naciendo así la Lógica Matemática. Esta trata de esquematizar los pensamientos claramente usando un lenguaje de signos propios y distinto al verbal e incluye aquellas partes de la lógica que pueden ser modeladas y estudiadas matemáticamente [2]. La lógica se extiende a la Informática a medida que surge como una disciplina, como sistema de reglas mediante el cual la computadora puede resolver problemas. La lógica es la única manera de pensar a la que las máquinas tienen acceso.

En el diseño del hardware tanto los ordenadores digitales como los que trabajan con circuitos integrados, utilizan la lógica en su diseño, siendo su base la lógica de predicados. La lógica, empleada como un lenguaje, está orientada más a la persona por lo que se ha convertido en el pilar de una nueva generación de lenguajes de programación: la "Programación Lógica", paradigma que justifica por sí solo la inclusión de la lógica en Informática. Además, las funciones de un programa se ejecutan de acuerdo con las condiciones lógicas previamente definidas. Desde el punto de vista estrictamente teórico, basta señalar que las teorías de la computabilidad (teoría de máquinas de Turing, teoría de funciones recursivas), que constituyen, por así decirlo, la ciencia a priori de la computación, son una de las grandes conquistas de la lógica matemática del siglo XX. Desde el punto de vista tecnológico, las relaciones de la lógica con la informática son asimismo fundamentales, en el doble plano estructural y funcional [3].

Desde su surgimiento las técnicas de computación han jugado un importante y creciente papel en la vida social y económica, como vehículo en la toma de decisiones, el procesamiento de datos y la automatización de la dirección, lo cual ha dado razón de ser a la carrera de Ingeniería Informática. Por la incesante evolución en este campo en la Universidad de Matanzas, se tienen en cuenta diferentes elementos docentes que permitan propi-

ciar una sólida formación de los ingenieros de este perfil. Como se estipula en el plan de estudio E, la educación matemática juega un papel primordial, esta contribuye a que los futuros egresados adquieran una concepción científica del mundo, al desarrollo del pensamiento lógico y algorítmico y aporta los fundamentos básicos de contenidos propios de la profesión, dado que todo profesional de esta rama considera las representaciones técnicas y científicas en términos matemáticos, con los cuales refleja los rasgos cuantitativos y cualitativos de los fenómenos que estudia. A pesar de que en la disciplina Matemática Superior que se encuentra en el currículo se abordan múltiples aspectos de matemática que son de gran significación en la formación del ingeniero informático es en la disciplina Inteligencia Computacional donde se le imparten a los estudiantes algunos elementos de Lógica Matemática con los que el egresado no sólo podrá abordar nuevas problemáticas, sino que también desarrollará sistemas informáticos mejor estructurados, más flexibles y potentes, y de mayor calidad profesional. Deberá ser capaz, entre otros aspectos, de utilizar creativamente la Lógica Matemática para expresar, interpretar y demostrar diversas situaciones relacionadas con las actividades y aplicaciones a desarrollar [4].

Todo lo anterior evidencia la importancia de la Lógica Matemática no solo desde el punto de vista de los elementos que se imparten en el contenido de la asignatura Matemática Discreta como está estructurado en el plan de estudio E que se encuentra vigente en la Universidad de Matanzas, sino como ciencia que posee una estrecha relación con las diferentes disciplinas científicas de la Ingeniería Informática. Por tal razón surge la necesidad de contribuir a la formación de profesionales informáticos con una base lógico-matemática sólida desde todas las disciplinas científicas que intervienen en la carrera, lo que les permitirá adecuarse a los cambios tecnológicos.

A partir de una búsqueda bibliográfica realizada se encontraron algunos trabajos que hacen énfasis en este tema y realizan diferentes propuestas para la enseñanza de la Lógica Matemática. Existe un trabajo donde se propone elaborar una Guía Andragógica prestando especial atención a las diferencias significativas entre la metodología de la enseñanza tradicional y la metodología de la enseñanza andragógica para el grupo de discentes del

primer semestre de la carrera de Licenciatura en Informática [5]. Por otro lado, Edgar Serna [6], hace un análisis a la necesidad de incluir a la lógica en los procesos formativos en Ciencias Computacionales, teniendo en cuenta el papel y el contenido de la lógica especialmente en el área de la Ingeniería de Software.

Las consultas realizadas a las distintas bibliografías evidencian claramente la importancia del impacto de la Lógica Matemática en la Informática, pero no abarcan la importancia de la relación de esta ciencia con las principales disciplinas de Informática, sino que analizan su importancia en particular con solo algunas de ellas. Además, no se ajustan a las necesidades y características del contexto de la carrera Ingeniería Informática de la Universidad de Matanzas. En reuniones metodológicas, encuestas a los profesores del departamento, entrevistas realizadas a los estudiantes matriculados en la carrera se detecta que no existe teoría sobre las relaciones de la Lógica Matemática con las principales disciplinas de Informática y los estudiantes poseen insuficiente conocimiento con respecto a la importancia del impacto de la Lógica Matemática en su carrera. Por lo que resulta necesario determinar cuáles son las relaciones de la Lógica Matemática con las principales disciplinas científicas de la Informática de manera que se pueda contar con elementos teóricos y pedagógicos que potencien la formación de los profesionales de esta área.

## II. DESARROLLO

Por el prestigio que la antecede, no cabe duda de que Harvard es la universidad más popular del mundo. En sus instituciones han estudiado muchas personas que en algunos casos se han convertido en grandes figuras del mundo como Bill Gates o Mark Zuckerberg. Aunque se pueden estudiar muchas carreras en esta institución, en la web de este centro [7] destaca en un artículo que estudios revelan que la más popular de todas en los últimos años ha sido Economía, sin embargo, eso ha cambiado este año, en el semestre actual la asignatura más demandada en la famosa universidad de Boston ha sido Introducción a las Ciencias Informáticas, con un total de 820 estudiantes, lo nunca visto en antiguas matrículas. Se concuerda con González [7], en reconocer que este hecho puede parecer irrelevante, pero

cuando ocurre en una universidad como Harvard resulta importante, que en la universidad más famosa del mundo que históricamente siempre ha sido reconocida por Derecho y Economía, se desate el interés por la Informática realmente resulta revelador. La tecnología cada vez mueve más dinero y muchas de las grandes empresas que están surgiendo en los últimos años tienen una relación estrecha con ello: desde redes sociales como Facebook y Twitter a servicios como Uber, Square o incluso proyectos nacionales que van alcanzando reconocimiento o compañías que llevan ya un tiempo como Apple y Google.

Esto evidencia que la Informática como carrera universitaria, en el transcurso de los años se ha convertido en una de las preferidas por el estudiantado que ingresa en los distintos centros de educación superior a nivel mundial lo que destaca el lugar significativo que tienen las tecnologías en la sociedad actual.

En Cuba la carrera Ingeniería Informática se estudia en muchos centros de educación superior con planes de estudio que se ajustan a las características y necesidades de la sociedad. La Universidad de Matanzas es uno de estos centros donde esta carrera cada año se prepara en cuanto a los diversos avances científicos y técnicos que tienen lugar en el país. En este sentido, constantemente los planes de estudios sufren cambios sujetos a diversas modificaciones que tienen origen en el Ministerio de Educación Superior (MES) y cada universidad puede ajustarlos en dependencia de los intereses propios o de la localidad donde se encuentren ubicadas. Actualmente la carrera Ingeniería Informática de la Universidad de Matanzas se ajusta al plan de estudio E que debido a sus características recientes solo presenta un grupo de disciplinas que pueden contar con las asignaturas que determine el departamento de Informática de la universidad. Realizando un análisis de este plan de estudio se puede apreciar que las principales disciplinas de Informática que se relacionan en gran medida con elementos de Lógica Matemática son Programación, Ingeniería de Software, Bases de Datos, Inteligencia Artificial y Arquitectura de Computadoras. Estas disciplinas se encuentran presentes en el plan de estudio como asignaturas dentro de los currículos base, propio y optativo/electivo y dentro de sus contenidos no se evidencia claramente la presencia de los elementos de

Lógica Matemática, lo cual impide que el estudiante pueda reconocer cómo influye esta ciencia en las distintas disciplinas científicas que contribuyen a su formación en la carrera Ingeniería Informática. Por tanto, teniendo en cuenta que los currículos tienden a ser modificados constantemente es necesario analizar cuáles son las relaciones entre la Lógica Matemática y las principales disciplinas científicas de Informática desde el punto de vista de las ciencias para contribuir a la formación de los ingenieros informáticos. Con este objetivo se considera importante abordar los distintos elementos que son de importancia en la Lógica Matemática como ciencia y en su relación con las principales disciplinas científicas de la Informática.

### III. LA LÓGICA MATEMÁTICA

El período de formación de las matemáticas y el desarrollo vertiginoso alcanzado por las ciencias, le plantean nuevas exigencias a la Lógica Formal tradicional, lo que supuso una importante etapa; la aparición de una corriente: la lógica matemática, que se originó, por una parte, como resultado del empleo de nuevos métodos de investigación lógica, y por otra, del estudio de formas de demostración que antes no existían en forma desarrollada y no eran analizadas en detalles por la lógica [7].

La lógica en la disciplina de matemática se encarga de estudiar los razonamientos y demostraciones matemáticos, y de proporcionar las herramientas para ser capaces de inferir una conclusión correcta a partir de unas afirmaciones o proposiciones previas [8].

La Lógica Matemática o Lógica Simbólica, también llamada en la segunda etapa de desarrollo de la Lógica Formal se le atribuye, por sus aportes, fundamentalmente a Leibniz, que coincidió en la necesidad de crear una nueva Lógica Formal: la lógica del conocimiento científico, la lógica de los descubrimientos, que debía basarse en el cálculo matemático, en el método de la formalización [9]. A sus investigaciones se debe, en buena medida, el uso del lenguaje científico de las matemáticas actuales y su implementación en otras ciencias.

El progreso de los conocimientos matemáticos y físicos y la aparición de nuevos métodos de de-

mostración, obliga a la Lógica Formal a estudiarlos, describirlos, e incorporarlos a su arsenal teórico, pero la introducción de procedimientos matemáticos en la lógica no dió origen a una nueva lógica formal ni a una nueva rama de esta. La lógica Matemática es lógica por su objeto y matemática por su método [10].

Según Alén y otros [7] la Lógica Matemática tiene un contenido puramente matemático e investiga problemas puramente matemáticos, es, al mismo tiempo, concreción de la Lógica Formal, ya que su contenido tiene un valor puramente lógico.

Markov, (citado por Alén y otros) [7] define a la lógica matemática como: ...una ciencia que estudia las demostraciones matemáticas. La lógica matemática puede considerarse como una rama especial de la lógica general, que se desarrolla con vistas a las necesidades de las matemáticas.

La lógica matemática es un lenguaje matemático que abarca las herramientas necesarias por medio de las cuales se puede afirmar o negar un razonamiento matemático [11].

La lógica matemática es una parte de la lógica y las matemáticas, que consiste en el estudio matemático de la lógica y en la aplicación de este estudio a otras áreas de las matemáticas. La lógica matemática tiene estrechas conexiones con las ciencias de la computación [12].

La lógica se extiende a la Informática a medida que surge como una disciplina, como sistema de reglas mediante el cual la computadora puede resolver problemas. La lógica es la única manera de pensar a la que las máquinas tienen acceso. Desde entonces, se ha convertido en un valioso instrumento conceptual al servicio de la informática y se aborda desde una perspectiva de aplicación a la computación.

En la Informática la Lógica desempeña un papel básico ya sea en bases de datos, complejidad computacional, lenguajes de programación, inteligencia artificial, diseño y verificación de sistemas, y otros, y es sin duda uno de los fundamentos que proporcionan la madurez y agilidad necesarias para asimilar los conceptos, lenguajes, técnicas y herramientas informáticas que surjan en el futuro. Al igual que los arquitectos e ingenieros, que analizan

matemáticamente sus construcciones, los informáticos necesitan analizar las propiedades lógicas de sus sistemas mientras los diseñan, desarrollan, verifican y mantienen, especialmente cuando se trata de sistemas críticos económicamente, en seguridad, privacidad o eficiencia.

La lógica siempre se encuentra presente en cada una de las funciones de una computadora, no solamente en las instrucciones de un programa sino también en todos aquellos procesos que el usuario, bien sea programador o administrador, desarrolle, desde los códigos, que pueden ser unos y ceros, hasta la propia ejecución del programa. Permite que se armonicen conceptos básicos humanos con la complejidad de las operaciones de las máquinas.

La Lógica Matemática tiene muchas vertientes; ante todo, se divide en Lógica Clásica y no Clásica. La primera, incluye fundamentalmente la Lógica Proposicional y la Lógica de los Predicados, que es objeto de estudio de muchos de los Programas de Matemática en el nivel superior, como la primera e indispensable etapa para la construcción de la teoría de conjuntos, que es la base de los cardinales y, por tanto, de la Aritmética sobre la que reposan el Álgebra, el Análisis y la Geometría. La Lógica no Clásica comprende actualmente una cadena ramificada de vertientes: Lógica Polivalente, Lógica Constructivista, Lógica Intuicionista, Lógica Positiva, Lógica Modal (incluida la Deóntica) [11], Lógica Paraconsistente, Lógica Relevante, entre otras. Cada una de estas ramificaciones posee amplia aplicación en la ciencia y la técnica, dentro de las que se destacan, la propia teoría de las matemáticas y la de los ordenadores.

#### IV. LA INFORMÁTICA Y SUS PRINCIPALES DISCIPLINAS CIENTÍFICAS

El término Informática surgió en Francia en el año 1962 bajo la denominación Informatique, que significa información automática. En general se asume que es la ciencia que tiene como objeto de estudio el procesamiento automatizado de la información, utilizando las computadoras. La Informática utiliza la teoría general de sistemas y las tecnologías computacionales para la obtención, almacenamiento, procesamiento y comunicación de la información, y es muy importante, poner estas

informaciones a disposición de los usuarios de una forma oportuna y confiable como elemento fundamental para la toma de decisiones [13].

La palabra informática es la contracción de información y automática. Información se refiere a la adquisición de conocimientos, automática a la índole de autómatas de aquello que la genera. Esto justifica que la Informática plantee la integración entre hombres y máquinas, conformando sistemas establecidos sobre bases lógicas, cuyo objetivo último es producir información. Su incursión en numerosas disciplinas, ofreciendo métodos, técnicas y herramientas (computadora), demuestra su transversalidad. Por lo que, se afirma que la Informática es una disciplina transversal [14].

Se concuerda con Sacristán (2016) (citado por Lantigua) [15] en que la Informática abarca muchos más aspectos que la simple programación: desde el diseño de hardware hasta el de sistemas operativos, pasando por la estructuración de bases de datos y la validación de modelos, la Informática es una disciplina tecnológica que encuentra sus fundamentos en la matemática y la ingeniería.

Según Claudio Gutiérrez (citado por Barchini) [14], la informática puede concebirse como ciencia eminentemente teórica y como una disciplina de carácter empírico sobre los fenómenos relacionados con la información y la computación. Como ciencia teórica se centra en la teoría de la computabilidad y como ciencia empírica, sus hipótesis pueden ser refutadas por la realidad, es decir, pueden ser falseadas por experimentos.

La teoría de la computabilidad, está íntimamente relacionada con las matemáticas y su concepto clave es el concepto de algoritmo. Por ello, esta teoría es identificada por algunos autores como la teoría de algoritmos. Fue elaborada en las décadas de los 30 y los 40 gracias a descubrimientos de eminentes lógicos matemáticos [16].

La informática es una ciencia peculiar, pues se basa en el diseño. Es un tipo de ciencia nueva: ciencia y tecnología como un solo cuerpo de conocimiento. Los científicos teóricos del ordenador buscan entender todas las posibles arquitecturas o algoritmos que el científico del ordenador crea por ellos mismos [2].

Las bases de datos es un área clásica y bien establecida dentro del área de conocimiento de lenguajes y sistemas informáticos. Al ser un área bastante central de la informática, las bases de datos se interrelacionan con prácticamente todas las otras áreas, especialmente las de lenguajes y sistemas informáticos. Inicialmente el desarrollo de las bases de datos estaba muy ligado al desarrollo de las estructuras de datos y los sistemas operativos.

Una base de datos no es más que un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso, es decir, es un conjunto de datos interrelacionados entre sí y su fin es servir a uno o varios usuarios, sin redundancias perjudiciales e innecesarias, es independiente de la aplicación que la utilice y tiene operaciones específicas.

Las bases de datos tienen la intención de organizar, almacenar y recuperar grandes cantidades de datos de forma sencilla. Las bases de datos digitales se gestionan mediante sistemas de gestión de base de datos para almacenar, crear, mantener y consultar los datos, a través de modelos de bases de datos y lenguajes de consulta. Una base de datos es un conjunto de datos interrelacionados.

Los avances tecnológicos y su repercusión en la vida social han influido en gran medida en el desarrollo de las bases de datos, así como inevitablemente en el proceso de desarrollo de software.

La Ingeniería de Software como disciplina científica ofrece métodos y técnicas para desarrollar, mantener, producir y asegurar software de alta calidad, es el proceso de construir aplicaciones de tamaño o alcance prácticos, en las que predomina el esfuerzo del software y que satisfacen los requerimientos de funcionalidad y desempeño [17].

Esta disciplina trasciende la actividad de programación, incluye el análisis previo de la situación, el diseño del proyecto, el desarrollo del software, las pruebas necesarias para confirmar su correcto funcionamiento y la implementación del sistema. Trata el desarrollo y mantenimiento de sistemas intensivos en software que se comporten confiable y eficientemente, que sean económicos, se entreguen a tiempo y satisfagan todos los requerimientos que los clientes han definido para ellos.

Con grandes retos y promesas al futuro la Inteligencia Artificial (IA) de igual manera sigue evolucionando desde su nacimiento como disciplina científica.

Cabe destacar que la idea de la inteligencia artificial no es nueva, existe desde hace miles de años desde que el hombre descubrió por primera vez que era capaz de pensar, empezó a preguntarse como funcionaba su pensamiento y llegó a la conclusión de que existía un creador. Por lo tanto, la idea de que un ser inteligente cree a otro es tan remota como la toma de conciencia del ser humano. El hombre convive hace años con sistemas de inteligencia artificial sin darse cuenta. Desde primitivos sistemas de control de temperatura en aparatos de aire acondicionado o calentadores de agua hasta robots actuales, que mantienen actualizados los motores de búsqueda en Internet.

Para una mejor comprensión es necesario definir los términos inteligencia y artificial, el primero se basa en una facultad de la mente, que permite aprender, razonar, entender y adquirir la toma de decisiones, artificial se define como algo que no es natural y por ende es realizado por el hombre. Partiendo de los conceptos anteriores se puede definir la Inteligencia Artificial como una rama de la ciencia que brinda soluciones a grandes problemáticas a través de equipos informáticos como el hardware y el software, imitando el comportamiento e inteligencia humana, siendo esta conducta compleja que incluye conciencia, inconsciente y los procesos cognoscitivos, se puede afirmar que la Inteligencia Artificial es una de las áreas más fascinantes y con más desafíos de la Informática, fue creada como un simple estudio filosófico y razonístico de la inteligencia humana y a su vez la inquietud del hombre por querer imitar sus acciones y pensamientos [18].

La Inteligencia Artificial como disciplina de alta rigurosidad científica tiene como meta fundamental el desarrollo de una teoría que explique el comportamiento en seres naturalmente inteligentes y que guíe la creación de entidades artificiales capaces de mostrar comportamiento inteligente. Aunque en gran medida no han sido logradas las metas iniciales, se han obtenido grandes avances en el esclarecimiento de los mecanismos del razonamiento y de la resolución humana de problemas, los altos niveles de abstracción de la demostración de teoremas, el almacenamiento y recuperación de

conocimientos, el funcionamiento de las redes neuronales que conforman el cerebro, la comunicación en lenguaje natural, los elementos más importantes de la percepción visual y el reconocimiento de voz, es decir, las facetas más relevantes del comportamiento inteligente [19].

Subcampos como la robótica y el procesamiento de lenguajes naturales pueden entenderse como casos especiales del paradigma general. La IA ha incorporado la teoría de la probabilidad a la gestión de la incertidumbre, la teoría de la utilidad para definir objetivos y el aprendizaje estadístico para ayudar a las máquinas a adaptarse a circunstancias nuevas [20].

Estos avances tecnológicos evidencian que el campo de la computación es extremadamente dinámico, los computadores han traído consigo la tercera revolución a la civilización del hombre: la revolución de la información. En este sentido, el desarrollo y evolución de los sistemas de cómputo sirve de impulso a muchas ciencias.

La Arquitectura de computadoras es la disciplina científica que se dedica al estudio, diseño, construcción y aplicación de los computadores. Su concepto se refiere a la integración de su estructura física con su estructura lógica, software, hardware, algoritmos y lenguajes de programación para el procesamiento de datos y la generación de información [21].

Los circuitos computacionales constituyen el nivel menos abstracto dentro de una computadora está constituido por circuitos electrónicos que responden a diferentes señales eléctricas, siguiendo los patrones de la lógica booleana; es decir, compuertas lógicas que devuelven un valor dependiendo de las entradas que se le dan al sistema.

Existen ocho compuertas lógicas básicas con las cuales se pueden formar sistemas muy complejos: AND, OR, Inverter, Buffer, NAND, NOR, XOR y XNOR [22]. Todas ellas son representadas mediante un símbolo y una tabla de valores de verdad, que es simplemente un cuadro donde se ubican todas las posibles entradas y los valores que devolvería la compuerta dados dichos valores.

El álgebra de Boole describe las operaciones que se realizan entre proposiciones u operandos de tipo lógico; los operadores que se utilizan para resol-

verlos se denominan Operadores Lógicos. Tanto los operandos como los resultados que se manipulan en el álgebra booleana pueden tener sólo dos valores: Falso o Verdadero.

En este contexto la lógica matemática es aplicada fundamentalmente a varios niveles: en los circuitos computacionales, en la programación lógica y en el análisis y optimización (de recursos temporales y espaciales) de algoritmos.

A menudo se confunde la Programación con la Lógica de Programación, la primera involucra el conocimiento de técnicas e instrucciones de un determinado Lenguaje a través de los cuales se hace sencillo lograr que la computadora obtenga unos resultados mucho más rápidos que una persona. La segunda involucra, de una manera técnica y organizada, los conceptos que permiten diseñar en términos generales, la solución a problemas que pueden llegar a ser implementados a través de una computadora [23].

La Lógica de Programación es la base sobre la cual se sustenta la programación en sí y toda persona que pretenda construir un programa que, de solución a determinada problemática, se enfrenta a dos grandes tareas:

- El QUÉ: conjunto de acciones a realizar para poder resolver el problema. Esta tarea forma parte del trabajo de mesa previo a toda actividad de programación.
- El CÓMO: grupo de instrucciones que servirán de guía para escribir el código que realice las acciones determinadas en el QUÉ, las cuales están determinadas por el lenguaje de programación seleccionado.

El estudio de la Lógica de Programación no exige ningún conocimiento previo de computadora ni de tecnología en general, tampoco exige la presencia de algún Lenguaje de Programación específico, aunque no puede negarse que éste podría permitir, solo después que se manejen bien los conceptos de lógica de programación, implementar y ver convertida en realidad las soluciones lógicas a sus objetivos.

La idea de la Programación en Lógica tuvo su principal representante en Kowalski quien en 1974

presentó un trabajo original: El Cálculo de Predicados como Lenguaje de Programación. En el mismo defiende la tesis de que la deducción puede ser usada para simular la computación, lo cual es, sin dudas, la idea fundamental de la programación en la lógica: la computación es deducción [19].

En la vida cotidiana, cualquier actividad se puede describir como una serie de acciones o tareas. Igualmente, siempre se valora si dicha actividad va a lograr lo que se quiere, a partir de ir tomando decisiones durante el desarrollo de la misma, sin perder de vista que es lo que se desea lograr y que se requiere para lograrla, a este conjunto de actividades o procesos formados por una serie de instrucciones o tareas organizadas de manera lógica que permite alcanzar un resultado o resolver un problema se le conoce como Algoritmo. Este es un concepto fundamental dentro de la Programación cuando define un algoritmo como una secuencia finita y ordenada de acciones primitivas que pueden ser ejecutadas por un procesador y que lleva a la solución de un problema. Es válido agregar que un algoritmo no debe ser ambiguo, es decir, que, trabajando dentro de un determinado ambiente, cada acción primitiva debe significar, sólo una cosa, bien determinada y sin lugar a dudas.

En muchas ocasiones se aplica el algoritmo de manera inconsciente y automática, ya que son tantas las veces que se ha resuelto, que difícilmente se enumeran los pasos para lograr el objetivo, y por lo tanto se hace de forma mecánica.

En la programación, se usan técnicas y herramientas metodológicas que permiten llevar a cabo la construcción de algoritmos eficientes y por lo tanto la resolución de un problema.

## V. LA LÓGICA MATEMÁTICA Y SU RELACIÓN CON LAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS DE INFORMÁTICA

La lógica contribuye al funcionamiento de un ordenador, mediante su utilización, el microprocesador es capaz de discurrir entre diferentes posibilidades bajo un mismo sistema predefinido y resuelve la más acertada opción. El soporte tecnológico principal de los ordenadores lo constituyen los circuitos de conmutación o circuitos lógicos,

denominados así por tener en común las formas elementales de la lógica del modelo matemático conocido como Álgebra de Boole. Para la comprensión del sistema de numeración y circuitos lógicos de la Arquitectura de Computadoras es necesario conocer las operaciones lógicas y el uso de las tablas de verdad para el trabajo en la simplificación y caracterización de circuitos lógicos.

Por tanto, todo sistema computacional, por muy complejo que sea, no está compuesto por más que circuitos electrónicos que únicamente entienden un lenguaje binario. La unidad aritmético - lógica de un computador se basa en el uso de dispositivos lógicos digitales sencillos que pueden almacenar dígitos binarios y realizar operaciones lógicas booleanas elementales, en este sentido, la lógica matemática se encarga de modelar y optimizar tales sistemas a este nivel.

La lógica matemática suele dividirse en cuatro subcampos: teoría de modelos, teoría de la demostración, teoría de conjuntos y teoría de la recursión. La Teoría de modelos aporta las herramientas para las técnicas de modelado que requieren procesos como comprender el problema, abstraer, modelar y construir, así como evaluar los diseños antes del desarrollo de un producto.

Para la matemática los métodos de demostración y prueba son de suma importancia y para la Informática más aún, puesto que, las pruebas se utilizan para verificar que los programas producen la salida correcta para todos los posibles valores de entrada, demostrar que los algoritmos siempre producen el resultado correcto, velar y garantizar la seguridad de un sistema y para crear inteligencia artificial. Por otra parte, conocer cómo demostrar un teorema a menudo hace que sea posible modificar el resultado para adaptarse a nuevas situaciones [24].

El desarrollo de software se ha convertido en una de las disciplinas más importantes en la actualidad, y se encuentra avanzando aceleradamente debido a que el consumo de productos de software por parte de la sociedad es cada vez mayor y la necesidad de dar soluciones a problemas cotidianos con la tecnología se vuelve imprescindible. El proceso de desarrollo de software comprende una serie de fases; tales como la especificación de los requerimientos del usuario, el análisis de los



requerimientos, el diseño de soluciones, implementación, prueba y mantenimiento del software implementado.

Las técnicas de verificación de software ofrecen un medio para evaluar la calidad de sistemas de software y permiten conocer si su lógica ha sido correctamente implementada. En sistemas complejos como el sistema que maneja un ascensor o sistemas de manejo de aviones, donde el error no es tolerable dado que implicaría posibles pérdidas de vidas humanas, los métodos utilizan un enfoque matemático tanto para la especificación, diseño y verificación de sistemas de software. En la actualidad existen técnicas y herramientas para asegurar la correctitud de estos sistemas críticos utilizando lenguajes basados en conceptos lógicos matemáticos [25].

Los métodos formales son lenguajes, técnicas y herramientas basadas en matemática y lógica para describir y verificar sistemas de software. El uso de métodos formales para el diseño de software y hardware está motivado por la expectativa de que, la realización de un análisis matemático adecuado puede contribuir a la fiabilidad y robustez de un diseño.

Constituyen una importante base teórica para la Ingeniería de Software, especialmente cuando está involucrada la seguridad o robustez. Los métodos formales son un complemento útil para las pruebas de software, ya que ayudan a evitar errores y también pueden dar un marco para hacer pruebas. Se describen mejor como la aplicación de una amplia variedad de fundamentos teóricos de las ciencias de la computación, en particular la lógica matemática, lenguajes formales, teoría de autómatas y semántica de lenguajes de programación, pero también áreas como sistemas de tipos y tipos de datos algebraicos a problemas en la especificación y verificación de software y hardware [26].

La teoría combinatoria, es decir, el arte de contar, de calcular inteligentemente cardinales de conjuntos y de enumerar, o sea, determinar los elementos de un conjunto descrito por alguna propiedad, es una disciplina clásica que cobra nuevo auge con la aparición de los ordenadores por dos razones: por un lado, por la posibilidad de cálculo que éstos aportan, y por otro porque en el estudio de algoritmos o en el análisis de programas los

problemas del tipo cálculo del número de operaciones, unidades de memoria que se precisan para realizar una cierta operación o estudio de la complejidad son problemas de tipo combinatorio.

Por otra parte, para la introducción y comprensión de la Programación las técnicas de conteo son muy útiles y necesarias puesto que en ella se trata de enfocar la atención de los estudiantes en resolver problemas matemáticos y en desarrollar la lógica del pensamiento. También las ecuaciones recurrentes que se incluyen dentro de los elementos de lógica matemática allanan el camino a disciplinas del perfil informático como la Programación y la Inteligencia Artificial, ya que la recursividad es un fenómeno que se presenta en muchos problemas, delegando la solución de un problema en la solución de otro más pequeño. Por tal motivo, para analizar y resolver problemas que tienen como solución algoritmos recursivos, el profesional informático necesita como precedente dentro de los conocimientos esenciales a adquirir la recursividad y la estructura árboles, así como la resolución de problemas simples utilizando la programación lógica.

La lógica computacional, que no es más que la lógica matemática aplicada a la Informática, es la base de todo el desarrollo del software, desde sus inicios hasta esta época. A medida que el tiempo pasa, el acceso a la computación, como estudio, se ha acrecentado, y se satisfacen más las necesidades a través de la evolución de las tecnologías y la creación de programas [27].

Distintos aspectos de lógica matemática permiten determinar el número de pasos que un algoritmo necesita ejecutar para completar una determinada tarea, así como lo que implica la velocidad del algoritmo de un determinado programa.

En este sentido, el estudio matemático de los lenguajes es uno de los pilares de la informática, entendiendo por lenguaje un sistema de símbolos y de convenios que se utiliza para la comunicación, sea ésta entre personas, entre personas y máquinas, o entre máquinas; la Lógica Formal puede considerarse como un lenguaje, el mejor hecho de los lenguajes [27].

La idea de la Programación en Lógica tuvo su principal representante en Kowalski quien en 1974

presentó un trabajo original: El Cálculo de Predicados como Lenguaje de Programación. En el mismo defiende la tesis de que la deducción puede ser usada para simular la computación, lo cual es, sin dudas, la idea fundamental de la programación en la lógica: la computación es deducción [19].

En el desarrollo de la Inteligencia Artificial la Lógica Matemática desempeña un rol muy importante, especialmente la rama de la lógica proposicional, la cual permite representar hechos y/o expresiones del mundo real en un lenguaje representativo del conocimiento, mediante propiedades elementales, para estudiar a través de proposiciones o sentencias lógicas sus posibles evaluaciones de verdad y en el caso ideal su nivel absoluto de verdad. En esta disciplina un Agente Basado en Conocimiento (ABC) es aquel sistema que posee conocimiento de su mundo y que es capaz de razonar sobre las posibles acciones que puede tomar para cambiar el estado de su mundo. El ABC es un conjunto de sentencias, representado mediante un lenguaje de representación de conocimiento. Virtualmente los lenguajes de representación se basan, de cierta manera, en la lógica formal. A su vez siempre que se ejecuta el programa del ABC la pregunta se responde mediante el razonamiento lógico.

Los investigadores en Inteligencia Artificial han llegado a la conclusión de que para lograr máquinas que exhiban inteligencia artificial se deben separar los mecanismos de razonamiento y manipulación de grandes cantidades de conocimientos de los asociados con la voluntad, los sentimientos y el libre albedrío. Por tal razón se ha acudido al formalismo de la lógica y su tratamiento del pensamiento y los procesos mentales, en busca de los modelos que servirían a los programas computacionales para que las computadoras exhiban un comportamiento inteligente [19].

Además, la Lógica es el estudio de los principios y métodos utilizados para distinguir el razonamiento correcto del incorrecto, lo cual constituye el problema central de esta disciplina.

Otros aspectos de Lógica Matemática como la Teoría de Conjuntos y las operaciones entre ellos sirven como base y precedente al estudio de Base de Datos, puesto que una base de datos relacional conecta los rasgos de una determinada pieza de

información. Para la fundamentación teórica, las bases de datos se nutren de la lógica de primer orden, la teoría de grafos, el álgebra, las lógicas para la concurrencia y otras áreas de la lógica matemática [28].

De manera general, la lógica matemática se considera como un elemento fundamental dentro del proceso de formación de los estudiantes de Ingeniería Informática, pues posee una estrecha relación con áreas como las matemáticas discretas y la programación. También está relacionada con la inteligencia artificial al ser la lógica la base de los métodos para representar el conocimiento. En la ingeniería de software, la lógica tiene aplicación en cuanto a la especificación de requisitos y componentes de software, mediante el uso de lenguajes formales, entre otros [27].

A pesar de que un profesional en Ingeniería Informática no tiene como objetivo primario resolver problemas de cálculo y netamente matemáticos, sino dominar la ingeniería del software, las ciencias de la computación, la infraestructura y gestión de las tecnologías de la información, la matemática brinda un pensamiento lógico y analítico, que permite resolver problemas situacionales con facilidad y formar una mente racional e ingeniosa, lo cual se precisa en esta profesión.

Según Hakkarainen [6], la ingeniería es un campo de las ciencias aplicadas que descansa sobre las bases de la matemática, la física y la química. Para lograr que su trabajo responda a las necesidades sociales, sus profesionales deben adquirir una comprensión amplia y funcional de los procesos, además de un adecuado dominio de las habilidades técnicas.

Entre muchas otras habilidades los ingenieros deben lograr una comprensión profunda de los conceptos abstractos, desarrollar la capacidad de pensamiento algorítmico y un razonamiento lógico adecuado [28]. Diversos estudios indican que el razonamiento lógico no es independiente de la capacidad intelectual general, y que los estudiantes que razonan lógicamente y resuelven adecuadamente los problemas tienden a obtener mejores resultados en cualquier materia [29]. Por lo tanto, la formación en ingeniería, como área científica, debe incluir a la lógica, la abstracción, la matemática y la resolución de problemas en todos los ni-

veles, porque como profesionales deben dominar y aplicar el pensamiento lógico.

Sobre la base de los contenidos de lógica matemática que reciben los estudiantes, como, las temáticas de equivalencia lógica, reducción mediante equivalencias de unas operaciones a otras y aplicación de las leyes fundamentales y derivadas a la simplificación de expresiones lógicas, estos desarrollan el razonamiento deductivo y lógico, y comienzan a descubrir métodos formales para la verificación de los software, al mismo tiempo que potencian sus pensamientos mediante procesos, habilidades que le garantizarán poder expresar, interpretar y demostrar diversas situaciones relacionadas con las actividades y aplicaciones a desarrollar por el ingeniero en Informática [15][30].

## VI. CONCLUSIONES

Sobre la base de los contenidos de lógica matemática que reciben los estudiantes, como, las temáticas de equivalencia lógica, reducción mediante equivalencias de unas operaciones a otras y aplicación de las leyes fundamentales y derivadas a la simplificación de expresiones lógicas, desarrollan el razonamiento deductivo y lógico, y comienzan a descubrir métodos formales para la verificación de software, simultáneamente potencian sus pensamientos mediante procesos, habilidades que le garantizan poder expresar, interpretar y demostrar diversas situaciones relacionadas con las actividades y aplicaciones a desarrollar en su profesión de Ingeniero Informático. Además, debe conocer y entender cómo los elementos de la Lógica Matemática intervienen en las principales disciplinas de su carrera, de manera que pueda establecer relaciones y aplicarlas. Por la importancia e impacto de la Lógica Matemática en la Informática en general, se debe tener en cuenta como requisito fundamental en la formación del ingeniero informático el vínculo de estas ciencias.

## REFERENCIAS

- [1] C. Santaella, La Lógica, su relación con otras ciencias. 2000.
- [2] W. González Hernández, El desarrollo de la competencia implementación de procesos de informatización en la formación del profesional informático de la Universidad de Matanzas, RIMCI, vol. 5, n.º 9, jun. 2018.
- [3] M. Gómez Rodríguez, el aprendizaje organizacional y su influencia en la innovación dentro de la organización, RIMCI, vol. 2, n.º 4, feb. 2016.
- [4] Martínez. Maidely Rey, Lógica de Programación. Bahía Honda, Artemisa, Cuba. 2013
- [5] M. Merino, J. Porto. Definición de pensamiento lógico. 2008.
- [6] E. Serna y G. Florez, El razonamiento lógico como requisito funcional en ingeniería. Cancún, 11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, México. 2013.
- [7] A. Falcón, Y. González, S. D. Solán, Una aproximación al estudio de la lógica matemática. Universidad de Ciencias Pedagógicas Frank País García, Cuba. 2015.
- [8] J. Vincenzo D'Alesio Torres. Lógica matemática: origen, qué estudia, tipos. 2018.
- [9] I. Andréiev, Problemas Lógicos del conocimiento científico. Moscú: Editorial Progreso. 1984.
- [10] P. V. Kopnin, Lógica Dialéctica. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. 1983.
- [11] M. Pradilla Rueda, evolución y elementos de la lógica deóntica, RIMCI, vol. 2, n.º 4, dic. 2015.
- [12] S. Martínez, C. E. Ricardo, G. Díaz Fernández, E. Bonne Falcón, Metodología de la enseñanza de la Informática. La Habana, Cuba. 2009.
- [13] A. Guétmanova, Lógica: en forma simple sobre lo complejo. Diccionario. Moscú: Editorial Progreso. 1991.
- [14] G. Barchini, La Informática como disciplina científica. Ensayo de mapeo disciplinar. Argentina. 2004.
- [15] Lantigua, Maylin Estopiñan, Sistemas de acciones para contribuir a la formación del Ingeniero Informático a partir de las relaciones interdisciplinarias de Matemática Discreta con otras asignaturas bases. 2017.
- [16] G. E. Barchini, Informática. Una disciplina biopsico-socio-tecno-cultural. Argentina. 2006.
- [17] A. Aparicio, Programa Ingeniería de Software. 2012.
- [18] L. Lanz, ¿Qué es la Inteligencia Artificial en la Informática? 2018.
- [19] R. Familia, La Lógica como paradigma de la programación en Inteligencia Artificial. 2016.
- [20] S. Russell, Inteligencia Artificial de beneficios probados. California, Estados Unidos. 2017.
- [21] P. Turmero, Arquitectura de computadoras. 2014.

- [22] D. Ramírez y C. Daza, Diseño e implementación de un sistema móvil seguidor de línea y detector de obstáculos, RIMCI, vol. 5, n.º 10, pp. 93-101, jul. 2018.
- [23] M. A. Martínez, Ensayo de lógica matemática. 2013.
- [24] H. R. Kenneth, Discrete Mathematics and Its Applications 7th Edition. New York: McGraw-Hill. 2012.
- [25] A. G. Garis, Temporal Logic in the Verification of Software Models. 2010.
- [26] Ciencias de la Computación. Noviembre 2018.
- [27] Colectivo de autores, Aplicación de la lógica matemática en la computación. 2011.
- [28] J. Orallo, La disciplina de los sistemas de Bases de Datos. Historia, Situación actual y perspectivas. Valencia, España. 2002.
- [29] M. Johnson and A. Lawson, "What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes?" 1988.
- [30] M. Capizzo, S. Nuzzo and M. Zarcone, "The impact of the pre-instructional cognitive profile on learning gain and final exam of physics courses: A case study". 2006.