

LAS MATEMÁTICAS DEL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA

THE MATHEMATICS OF SCIENTIFIC INFORMATION PROCESSING

Yosvany Pedroso González,
Universidad Agostinho Neto (UAN), ORCID: 0000-0001-7674-1399,
ypedroso2013@gmail.com, Angola

Inidia Rubio Vargas,
Universidad Oscar Ribas, ORCID: 0000-0002-0525-3571,
irubio122@gmail.com, Angola

María de la Caridad Casanova Moreno,
ORCID: 0000-0002-4778-5269
creciendox2vez@gmail.com, Cuba

Acacio de Jesús Domingos,
Universidad Agostinho Neto (UAN)
acaciodejesus1963@gmail.com, Angola

Juca Sachipia,
Universidad Agostinho Neto (UAN)
jucasachipia@gmail.com, Angola

Resumen

La teoría de la información ha sido denominada también como teoría matemática de la comunicación, desde la época de C. Shannon y W. Weaver desde finales de los años 1940. Precisamente este trabajo se centra en la descripción de las características esenciales de la información científica utilizando los códigos propios de la simbología y la terminología matemáticas. Considerando los fundamentos de la información y la comunicación como bases referenciales, en este trabajo se describen aquellas relaciones matemáticas específicas utilizadas como soporte del proceso de organización y transmisión de los mensajes contenidos en el lenguaje científico que por su naturaleza requieren del uso de objetos eminentemente matemáticos. Con ello se pretende realizar una sistematización del tratamiento de la información científica a partir del desarrollo de competencias en el trabajo intelectual con el procesamiento de datos cualitativos y cuantitativos como componentes estructurales del contenido de cualquier ciencia en particular. Esto evidentemente tiene una fuerte implicación en el proceso de formación de los profesionales, si tenemos en cuenta la dimensión comunicativa del proceso educativo y su importancia en la dirección del proceso de enseñanza aprendizaje.

Palabras Claves: información científica, comunicación, procesamiento, matemática, educación.

Abstract:

Information theory has also been called mathematical theory of communication, since the time of C. Shannon and W. Weaver since the end of the 1940s. Precisely this work focuses on the description of the essential characteristics of scientific information using the proper codes of mathematical symbology and terminology. Considering the fundamentals of information and communication as referential bases, this paper describes those specific mathematical relationships used as support for the process of organization and transmission of messages contained in scientific language that, due to their nature, require the use of eminently mathematical objects. This is intended to systematize the treatment of scientific information from the development of skills in intellectual work with the processing of qualitative and quantitative data as structural components of the content of any science in particular. This obviously has a strong implication in the training process of professionals, if we take into account the communicative dimension of the educational process and its importance in directing the teaching-learning process.

Keywords: scientific information, communication, processing, mathematics, education.

Introducción.

En la actualidad el creciente desarrollo de la ciencia ha puesto en relieve la imperiosa necesidad de la optimización en el uso de los códigos propios de cada disciplina científica. En esa dirección se destaca el papel que ha jugado la matemática en la formulación de la ciencia moderna en su condición de teoría científica que dispone de modelos bastante generales para la representación de características esenciales de procesos y fenómenos diversos que se dan en la naturaleza.

De acuerdo con Vázquez (2004), “las matemáticas que se pueden aplicar hoy día abarcan todos los campos de la ciencia matemática y no algunos especiales; se trata de matemáticas de todos los niveles de dificultad y no sólo de resultados y argumentos sencillos; las ciencias exigen hoy como ayer nuevos resultados de la investigación y plantean nuevas direcciones a ésta, pero el ritmo de la sociedad contemporánea hace los plazos sustancialmente más cortos y la exigencia más urgente”. (Vázquez, 2004, pág. 2)

Como contribución al procesamiento de la información científica en el contexto de las múltiples aplicaciones de la ciencia matemática se destaca el carácter universal de su lenguaje en el manejo y racionalidad de flujos de información haciendo uso eficiente de su terminología y simbología. Este es un asunto al que se le ha prestado muchísima atención desde siglos pasados, por lo que posee una larga y rica trayectoria que facilita sustentar nuevos enfoques a la solución de problemas relacionados con el procesamiento de datos cualitativos y cuantitativos sobre lo que han sido consideradas como bases epistemológicas de la teoría de la información, la comunicación y la gestión del conocimiento.

Dada la necesidad de incorporar modos de actuación coherentes con estas exigencias en el proceso de formación de los profesionales, reviste vital importancia realizar una valoración crítica a las formas en que se aborda el tratamiento de la información científica como competencias a desarrollar en el proceso docente educativo universitario de acuerdo a los objetivos declarados en los programas y planes de estudios.

Tomando en consideración los aspectos relacionados anteriormente, este trabajo centra su interés en la consideración de las bases matemáticas del manejo de la información científica que se procesa durante el proceso de formación inicial y permanente del profesional en el contexto universitario.

El análisis documental realizado en este trabajo ha permitido constatar que el estudio de la información científica se ha realizado a partir de la reconocida Teoría de la Información y el Conocimiento cuyo creciente avance muestra cada vez más los retos

y desafíos presentes en las principales problemáticas frente a los grandes volúmenes de información que por su naturaleza complejiza su organización y procesamiento.

De acuerdo con F. Holik (2017), es especialmente importante que los desarrollos informacionales contemplen el aspecto matemático formal de la noción de información, de forma tal que ésta se pueda medir y cuantificar para ser aplicada con fines tecnológicos. El desarrollo de una teoría matemática de la información, que permita describir adecuadamente los problemas que los profesionales de la información y la comunicación encuentran en su trabajo diario es el objetivo que persiguió Shannon cuando desarrolló su formalismo.

Holik (2017) sustenta dichas ideas considerando que: “Los conceptos y aspectos formales del edificio teórico creado por Shannon siguen siendo explotados y desarrollados en la actualidad. Es por ello que su estudio es de vital importancia para entender el estado actual de la teoría de la información, y sus posibles generalizaciones en términos de las florecientes teorías de la información”. (Holik, 2017, pág. 2)

Sobre estas bases en el presente trabajo se describen las características fundamentales de la información científica y el papel que en ella juegan los fundamentos matemáticos a partir del uso de códigos propios utilizando la terminología y la simbología matemáticas.

Acerca de la información científica y su matematización

Universalmente la información es entendida como los datos procesados en un mensaje y en consecuencia permite la transformación del estado del conocimiento en los sujetos que intervienen en él. Existe una gran diversidad de criterios relacionados con la definición del concepto de información y el respectivo esquema de comunicación subyacente.

Claude Shannon en su monumental obra *A mathematical theory of communication*, en 1948, introduce lo que hoy se conocen como fundamentos generales de partida de la teoría de la información, cuyos antecedentes inmediatos se encuentran en trabajos de autores como Hartley (1928), Nyquist (1924) y Nyquist (1928). Al inicio de su obra Shannon señala:

“El desarrollo de varios métodos de modulación, que intercambian ancho de banda para una tasa de señal a ruido ha intensificado el interés en una teoría general de la comunicación. Una base para esta teoría está contenida en los importantes artículos de Nyquist y Hartley en este tema. En el presente artículo extenderemos la teoría para incluir un número de nuevos factores, en particular el efecto del ruido en el canal, y los cambios posibles debido a la estructura estadística del mensaje original y debido a la naturaleza final del destino de la información”. (Shannon, 1948, pág. 378)

Estudios de mayor alcance y otras generalizaciones en torno al tema han sido abordados en una amplia gama de investigaciones, entre cuyos autores se destacan los relevantes aportes a la floreciente información cuántica (Duwell 2003; Duwell 2008; Caves y Fuchs 1996; Caves, Fuchs y Schack 2002b; Deutsch y Hayden 2000; Holik, Bosyk y Bellomo 2015; Jozsa 1998; Jozsa 2004; Schumacher 1995; Bub 2005; Clifton; Bub; Halvorson 2003; Nielsen; Chuang 2010; Hayashi 2006).

El diccionario de la Real Academia de la Lengua Española atribuye varios significados al término información, desde asumirlo como acción y efecto de informar, como adquisición o comunicación de conocimientos sobre una materia determinada, hasta ser designado como educación e instrucción.

Para muchos autores con gran notoriedad en el estudio del tema, citados por Ríos (2014), una concepción científica del concepto de información puede asumirse en el contexto de la teoría de la información. En esta dirección intelectual la información científica se ha convertido también en una teoría de carácter social, como reflejo de su expresión en el ámbito sociocultural devenida sociedad de la información y el conocimiento.

Para M. D'Agostino (2018), la sociedad de la información es un concepto integrador que destaca tres características fundamentales:

- 1) la información se considera un recurso económico que permite aumentar la eficiencia y estimular la innovación en los distintos niveles gubernamentales y sociales,
- 2) el crecimiento constante del uso de la información por parte del público en general, con ciudadanos que la emplean como mecanismo para ejercer sus derechos y responsabilidades civiles,
- 3) el desarrollo de un sector de la información y la gestión del conocimiento dentro de diversos sectores gubernamentales, académicos y privados.

De acuerdo con este mismo autor, estos presupuestos permiten la comprensión de la implicación directa de la información científica en el avance de la ciencia y la tecnología. En ese sentido D'Agostino (2018) dice: "El surgimiento de un nuevo paradigma tecnológico, organizado en torno a nuevas tecnologías de la información más potentes y flexibles, hace posible que la misma información se convierta en el producto del proceso de producción. Para ser más precisos, los productos de las nuevas industrias de las tecnologías de la información son aparatos para procesar la información o el mismo procesamiento de la información". (D'Agostino, 2018, pág. 9)

Inevitablemente estas posiciones, con las que concordamos plenamente, son permeadas por la nueva connotación que imprime la era digital a la sociedad de la información y el conocimiento, y en su generalidad tienen como soportes la teoría de

Shannon al considerar en su esquema un emisor que transmite mensajes a un receptor, y que en principio dichos mensajes debían ser reconocidos unívocamente por el receptor bajo determinadas condiciones, entre las que se destaca el uso de códigos y signos por parte del emisor, un control de la perturbación y el ruido, lo que permitiría el éxito de la decodificación de estos mensajes por parte del receptor.

Siguiendo las bases proporcionadas por esta teoría de Shannon, puede resumirse que todo este proceso de la información se centra en la transmisión de datos, su procesamiento y medición; de ahí la también denominación de teoría matemática de la información. La revelación de las características fundamentales de esta concepción matemática de la información, que se presentará más adelante, tiene sus basamentos en la lógica y en la estructura de los sistemas de conocimientos matemáticos sobre los que se sustentan las formulaciones teóricas de la información científica. Al decir de S. Bochner (1966) esto es posible porque: "... las matemáticas son el lenguaje de la ciencia en un sentido profundo. Las matemáticas son el medio indispensable a través del cual la ciencia se expresa y se comunica consigo misma. Y así como el lenguaje no sólo expresa pensamientos, sino que también los crea, así sucede que las matemáticas no sólo especifican, clarifican y hacen manejables en forma rigurosa conceptos y leyes de la ciencia que quizá, parcialmente al menos, podrían desarrollarse sin ella; sino que, en ciertos instantes cruciales, es un constitutivo esencial para su aparición y creación". (Bochner, 1966, pág. 689)

Para clarificar más sobre estos aspectos realicemos una breve caracterización de la información matemática.

El contenido de los mensajes con información matemática y la teoría de la información de Shannon.

De acuerdo a resultados de estudios realizados por Y. Pedroso e I. Rubio (2012) cuando se presenta el tratamiento de procesos, fenómenos o leyes en cualquier disciplina científica utilizando objetos matemáticos, en ellos se contextualizan cualidades específicas de componentes esenciales del contenido de la información matemática siguiente:

- ❖ Conceptos matemáticos: se definen como unidades básicas organizativas del conocimiento matemático, constituyendo la base con la que opera el pensamiento matemático como función general, en la que se destaca su singularidad en la construcción de las teorías y en la modelación para la resolución de problemas.
- ❖ Propositiones matemáticas: son consideradas casos particulares de los juicios, entendidos estos como formas del pensamiento abstracto en que se afirma o niega algo respecto a la existencia de objetos, relaciones entre objetos o entre sus

propiedades. De acuerdo con Campistrous (2001), la proposición matemática es entendida como una afirmación que tiene la propiedad de ser verdadera o falsa (pero no ambas simultáneamente) y se considera elemento básico para la realización de análisis lógicos, en particular, de razonamientos.

- ❖ Procedimientos de solución: tienen su génesis en la teoría de los pasos formales de Herbart, y es componente del desarrollo de los procesos mentales de manera general. Existe consenso en la comunidad matemática en considerar los procedimientos de solución como operaciones de los métodos matemáticos, clasificados en dos grandes grupos: los procedimientos algorítmicos y los procedimientos heurísticos.

Básicamente, sobre estos tres componentes se estructuran las teorías matemáticas fundamentales. La Sociedad Americana de Matemática (AMS por sus siglas en inglés) distingue unas 5mil ramas distintas de matemáticas, pero en una visión macro se distinguen 5 objetos de estudio básicos: la cantidad, la estructura, el espacio, el cambio y la variabilidad que se corresponden con las grandes áreas históricamente establecidas, la aritmética, el álgebra, la geometría, el análisis matemático y la estadística.

Los análisis bibliométricos en estudios de flujo de información científica diversa, confirman una alta presencia de contenidos matemáticos, lo que sin dudas realza la necesidad de revelar los aspectos fundamentales de los códigos y señales que se envían en esos mensajes, expresados mediante la simbología y terminología propias de esta ciencia.

No es elemento aparte el considerar en este entramado de relaciones, la hipótesis formulada por N. Ya Vilenkin(1989) al expresar que desde la antigüedad las teorías matemáticas se han constituido en bases para la modelación de la solución de problemas multidisciplinarios: “El carácter específico de las matemáticas consiste en lo que estas separan las relaciones cuantitativas y formas espaciales, inherentes a todos los objetos y fenómenos, independientemente de su contenido material, abstraen estas formas y relaciones y las convierten en el objeto de su investigación”. (Vilenkin, N. Ya; 1989, pág. 7)

Aseveraciones como estas, se complementan al evidenciarse que las teorías matemáticas están en la base de la teoría del conocimiento de manera general y sigue siendo así aún cuando su objeto ha evolucionado a las estructuras, aspecto que la hace todavía de mayor aplicabilidad a todas las ciencias.

Para el propio Vilenkin (1989) el papel de la matemática en las ciencias naturales, de modo particular, consiste en que éstas proponen los modelos bastante generales y suficientemente claros para el estudio de la realidad que nos rodea

Por la propia posición que se asume respecto a la naturaleza de los contenidos de los mensajes con información matemática, se destaca el procesamiento de dicha información utilizando la terminología y la simbología matemáticas, los que han sido abordados en trabajos realizados por Y. Pedroso (2019) estructurándose en acciones y operaciones la habilidad de estudio con enfoque profesional de la matemática: búsqueda, procesamiento y comunicación de la información científica utilizando la terminología y la simbología matemáticas.

Después de analizadas los componentes estructurales de la información científica con contenidos matemáticos, analicemos el sustrato del procesamiento de esta información según el modelo de Información de Shannon.

Para Holik (2017) el llamado formalismo matemático de Shannon ha sido desarrollado desde diversos enfoques, que poseen un mayor o menor grado de abstracción, pero en su generalidad todos establecieron recursos que se necesitan para optimizar la codificación y la comunicación, aplicables en una gran diversidad de disciplinas, lo que le atribuye su valor como contenido de estudio en el proceso de formación de profesionales.

De acuerdo con Shannon y Weaver (1949), un sistema de comunicación general consta de varias partes:

- Una Fuente (F), la cual genera un mensaje a ser recibido en el destinatario.
- Un Transmisor (T), que transforma el mensaje generado en la fuente en una señal a ser transmitida.
- Un canal, que se constituye en cualquier medio que sirva para que la señal se transmita desde el transmisor al receptor.
- Un Receptor (R), que reconstruye el mensaje a partir de la señal.
- Un Destinatario (D), que es quien recibe el mensaje.

En el siguiente diagrama se representan estos elementos en su relación:



El análisis matemático de este enfoque destaca que la fuente F es un sistema representado por un conjunto de estados diferentes f_1, \dots, f_n , llamados usualmente *letras*, y es posible asignar probabilidades para los diferentes estados de la fuente; o sea que estos estados f_1, \dots, f_n son resultantes con probabilidades de

ocurrencia $p(f_1), \dots, p(f_n)$, como distribuciones de probabilidad que pueden ser modeladas de acuerdo a Holik (2017) usando los axiomas de Kolmogorov (1933).

En su artículo original, Shannon discute la conveniencia del uso de una función logarítmica en la definición de entropías: “Si el número de mensajes en el conjunto es finito, este número o cualquier función monótona que lo describa puede ser considerado como una medida de la información producida cuando se elije un mensaje del conjunto, siendo todas las opciones igualmente probables. Como fue subrayado por Hartley, la elección más natural es la función logarítmica. Aunque esta definición debe ser generalizada considerablemente cuando consideramos la influencia de la estadística del mensaje y cuando tenemos un rango continuo de mensajes, en todos los casos vamos a usar una medida esencialmente logarítmica.” (Shannon, 1948, pág.349)

Aplicando los recursos estadísticos, la cantidad de Información (I) generada por la fuente debido a la ocurrencia del estado f_i se define como:

$$I(s_i) = \log\left(\frac{1}{p(f_i)}\right) = -\log p(f_i)$$

Dado que F produce sucesiones de estados (estas sucesiones son usualmente llamadas mensajes), la entropía de la fuente F se define como la cantidad promedio de información producida por la fuente:

$$H(F) = \sum_{i=1}^n p(f_i) \log\left(\frac{1}{p(f_i)}\right) = - \sum_{i=1}^n p(f_i) \log p(f_i)$$

En forma análoga, el destinatario D es un sistema con un rango de estados posibles d_1, \dots, d_n , a los cuales se le asignan probabilidades $p(d_1), \dots, p(d_n)$. La cantidad de información $I(d_j)$ recibida en el destinatario debido a la ocurrencia de d_j se define como:

$$I(d_j) = \log\left(\frac{1}{p(d_j)}\right) = -\log p(d_j)$$

Y la entropía del destinatario se define como la cantidad promedio de información recibida:

$$H(D) = \sum_{j=1}^m p(d_j) \log\left(\frac{1}{p(d_j)}\right) = - \sum_{j=1}^m p(d_j) \log p(d_j)$$

Siguiendo el discurso matemático de Holik (2017): “Es bastante claro que $H(F)$ y $H(D)$ son cantidades de información promedio. Sin embargo, en la literatura son llamadas usualmente entropías. Efectivamente, la forma funcional que poseen estas medidas de

la información, es completamente análoga a las formas funcionales que la entropía adquiere en distintas teorías físicas”. (Holik, 2017, pág. 5)

Concretamente, la consideración de los elementos fundamentales de la teoría matemática de la Información tiene el propósito de sentar las bases para la comprensión fenomenológica del sustrato epistemológico sobre el que se erige la teoría de la información científica y la comunicación, de cómo se desarrolla internamente el procesamiento de datos que conforman los códigos de los mensajes. En este camino se han establecido otros presupuestos teóricos de partida, que por no constituir el objeto del presente trabajo no han sido enunciados aquí, pero su existencia está indisolublemente ligada al desarrollo de la teoría avanzada de la información, que en la actualidad es considerada por la comunidad científica como una suerte de extensión de la teoría matemática de las probabilidades y a su vez como un caso especial de la teoría de la medida.

Experiencia en la implementación de una concepción estratégica del procesamiento de la información científica en su enfoque matemático.

Como expresara Bochner (1966): “Las matemáticas son el medio indispensable a través del cual la ciencia se expresa y se comunica consigo misma. Y así como el lenguaje no sólo expresa pensamientos... sino que también los crea, así sucede que las matemáticas no sólo especifican, clarifican y hacen manejables en forma rigurosa conceptos y leyes de la ciencia que quizá, parcialmente al menos, podrían desarrollarse sin ella; sino que, en ciertos instantes cruciales, es un constitutivo esencial para su aparición y creación. (Bochner, 1966, p. 689)

Esta sabia afirmación anterior expresa la dimensión transdisciplinaria de la información matemática. Su importancia en el contexto educativo es trascendental y por ende asumirlo de esa forma en la formación del profesional de la educación es capital para cumplir las grandes aspiraciones en materia de calidad educativa.

Para el proceso de formación de profesionales el tratamiento de la información subyacente en los contenidos programáticos, considerando las bases científicas expresadas aquí, debe constituir un aspecto de permanente atención dada su importancia en la preservación, desarrollo y promoción de toda la cultura atesorada históricamente por la humanidad. El análisis histórico lógico de la evolución de las teorías de la información indica cómo ésta fue desarrollada y aplicada en el proceso de educación e instrucción.

De acuerdo a los rasgos característicos del proceso de formación de los profesionales, se asume posición en torno a aquella parte de la información científica con contenidos

matemáticos explícitos, cuya búsqueda, procesamiento y comunicación sea adecuadamente intencionada en la dirección del proceso de enseñanza aprendizaje de la disciplina que se trate de modo que facilite la comprensión de significados en el propósito de potenciar la cognoscibilidad del mundo y los complejos procesos que en él tienen lugar. Ambas posiciones son complementarias y posibilitan por una parte materializar desde esta perspectiva la concepción del hombre como ser bio-psico-social y por otra, connotar la información como reflejo material del mundo y de la realidad.

Siguiendo el curso del análisis anterior, un aspecto importante para optimizar el procesamiento de la información matemática lo constituye la armonización didáctica de la operacionalización de la búsqueda, procesamiento y comunicación de la información científica utilizando la simbología y la terminología matemáticas descritas anteriormente que, por su importancia en el trabajo con tareas docentes, proporcionan ideas claras y precisas sobre las estrategias a seguir y el empleo de métodos de trabajo eficientes, que pasan por la comprensión de las estructuras matemáticas implicadas y cuya máxima expresión es revelada en la correcta realización de tareas más complejas, como las tareas profesionales y trabajos investigativos, así como en el fortalecimiento de modos de actuación profesional para enfrentar la solución de problemas del objeto de la profesión.

La posición anterior destaca el papel instrumental del procesamiento de la información científica, con enfoque matemático, en el proceso de enseñanza aprendizaje, y en particular en tareas relacionadas con búsqueda, procesamiento y comunicación de la información científica utilizando la terminología y simbología matemáticas, puesto que se reconoce el aporte al desarrollo del intelecto mediante el proceso de solución de tareas para el aprendizaje, tanto en la etapa de orientación como en la de ejecución y el control. Elemento que debe tenerse presente en la organización del proceso de formación del profesional.

Con estas ideas fue desarrollada hace algunos años una línea de investigación encaminada al mejoramiento de la actividad de estudio en estudiantes universitarios de carreras pedagógicas, centrada en la caracterización de los componentes estructurales del proceso de búsqueda, procesamiento y comunicación de la información matemática utilizando la terminología y simbología matemáticas. Entre los aspectos más significativos se destacan:

- ❑ La preparación de los estudiantes desde el primer año en el dominio de contenidos específicos de información científica y su procesamiento, así como la estructuración de los códigos propios expresados en la aplicación de la terminología y simbología

propios de esta ciencia. Los que constituyeron referentes básicos para la profesión, así como premisas para un adecuado desempeño en la actividad de estudio de la matemática y sus elementos didácticos y metodológicos, para enfrentarse con éxito al resto de los años académicos y a la profesión, considerando su importancia en el proceso de formación como condición necesaria desde la preparación del colectivo del año para que dirija las acciones formativas a través de sus estrategias pedagógicas a corto, mediano y largo plazo.

- ☐ La potenciación del trabajo interdisciplinario, a partir de contextualizar las habilidades generales de las asignaturas y disciplinas, en acciones y operaciones de terminología y simbología en temas y sistemas de contenidos con informaciones matemáticas de manera que se establezcan nexos que posibiliten la comprensión de la información científica objeto de estudio.
- ☐ En presencia de informaciones matemáticas, organizar la información científica con el uso de diagramas, esquemas de relaciones entre habilidades generales y particulares de las asignaturas y las singulares de los temas, mapas conceptuales y de relaciones proposicionales de la disciplina, primero por asignaturas y después generales.

La preparación e implementación del Proyecto se aplicó en tres momentos:

1er. momento: Preparación de los docentes universitarios de colectivos de año y de disciplina implicados.

2do. momento: Implementación de las acciones metodológicas previstas.

3er. momento: Valoración del grado de influencia de las acciones del proyecto.

La preparación inicial de los profesores se desarrolló mediante un taller metodológico, en el que se precisaron los objetivos y el procedimiento a seguir para la introducción de la experiencia. También se abordaron los principales referentes teóricos que sustentan la propuesta y los detalles de su implementación práctica. Como acciones principales a realizar para la implementación práctica del modelo didáctico se determinan:

- Implementación de las acciones de intervención según sus etapas.
- Seguimiento a la puesta en práctica de las acciones.
- Aplicación de técnicas y procesamiento de resultados.
- Elaboración del informe final.

Para la aplicación de la experiencia se realizaron las acciones previstas en la estrategia de intervención, para lo cual se desarrolló una reunión metodológica y dos actividades prácticas, que tenían como objetivos la preparación de los profesores para la

realización de estas acciones. El seguimiento a la puesta en práctica de las acciones se realizó utilizando una guía de observación y seguimiento.

Se pudo comprobar que la estrategia de intervención ofrece posibilidades para articular acciones interdisciplinarias que se manifiestan en cada año académico implicado para el desarrollo de habilidades de búsqueda, procesamiento y comunicación de la información científica utilizando la terminología y simbología matemáticas; no obstante, se requiere de la precisión de otras acciones para la materialización de las relaciones interdisciplinarias entre áreas de formación específicas con resultados más bajos según las mediciones ponderadas.

Las contribuciones que hace el dominio de elementos del procesamiento de información científica con contenidos matemáticos, fue otro elemento importante en la constatación en la práctica, que valida la premisa de la fortaleza de la caracterización de las acciones de búsqueda, procesamiento y comunicación de la información matemática como códigos identificados en los mensajes de la información científica de los contenidos de las disciplinas y asignaturas en estudio.

De igual forma se observó la contribución que hace esta intervención pedagógica a la sistematización de los contenidos de otras disciplinas a partir del procesamiento de informaciones científicas con presencia de códigos matemáticos. También se comprobó su importancia en el desarrollo de un modo de actuación profesional para enfrentar con éxito la dirección del proceso de enseñanza aprendizaje en el manejo de informaciones científicas con contenidos matemáticos, que subyacen en la base del conocimiento en sentido general y en su condición de base instrumental del aprendizaje, revelándose de esta manera sus potencialidades en el desarrollo multilateral de la personalidad, pero es necesario profundizar en el seguimiento a la tipología y variedad de las actividades, sobre todo en la contextualización para lograr una mejor aproximación a las características propias de la naturaleza de los objetos de otras ciencias.

Conclusiones.

En este trabajo ha quedado ilustrado cómo para interactuar eficientemente con la información científica que contenga información matemática es preciso el dominio de elementos fundamentales de sus códigos y su lenguaje, que en su generalidad se trata de un lenguaje rigurosamente simbólico, que requiere de un proceso de abstracción e idealización del objeto de estudio. Y aunque el lenguaje natural contiene datos numéricos y alfanuméricos, que para algunos sea fácilmente comprensible en la transmisión e intercambio de información, en general no es adecuado para adquirir, organizar y continuar la creciente comprensión de la naturaleza. De ahí la necesidad

de obtener mayor información sobre este tipo de información y los recursos más eficientes para poder procesarla. La caracterización de la información matemática que se ha realizado constituye un referente para la optimización del proceso de formación de los profesionales en el contexto de la Universidad, especialmente en lo concerniente al tratamiento de la información en sentido general. La descripción de sus rasgos principales encuentra sólidas bases en la teoría de la información matemática de Shannon y seguidores y desde aquí asume posiciones relevantes con relación a su contextualización cuando esta forma parte de informaciones científicas de otros campos del saber. Se establece una descripción de las características esenciales de la información matemática a partir de sus fundamentos científicos y metodológicos desde el plano didáctico general, a saber, el trabajo con conceptos, proposiciones (en especial los teoremas) y los procedimientos de solución. La base de orientación para el desarrollo de las actividades fundamentales con la información matemática encuentra importantes recursos en la estructuración en acciones y operaciones de búsqueda, procesamiento y comunicación de la información matemática utilizando la terminología y simbología matemáticas. La experiencia pedagógica llevada a cabo mostró a niveles discretos los avances en la mejora en el manejo y comprensión de la información científica con contenidos matemáticos una vez conocidos los aspectos teóricos referenciales y evidenció las potenciales de esta concepción para elevar la calidad de labor educativa y de formación del profesional de la Educación en el contexto universitario actual.

Bibliografía.

1. Bochner, S. (1966): The role of Mathematics in the rise of Science. Princeton, 1966. (Hay traducción en castellano: El papel de la matemática en el desarrollo de la Ciencia. Alianza Universidad Ciencia.
2. Camarena, P. (2018). La matemática en el contexto de las ciencias. Revista Innovación Educativa, vol. 9, núm. 46. Instituto Politécnico Nacional Distrito Federal, México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1794/179414894003.pdf>
3. Campbell, J. (1989). El hombre gramatical, México, Fondo de Cultura Económica, D'Agostino, M. (2018). Teoría de la Información. Una visión personal. Disponible en: https://marcelodagostino.files.wordpress.com/2018/04/teoria-de-la-informaciocc81n_-una-visiocc81n-del-2018.pdf
4. Campistrous, L. (2001). Lógica. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.

5. Gil, P. (1982). Teoría Matemática de la Información (con aplicaciones a la Estadística) (Book Review) Rincón, José Miguel. Boletín de Estudios Económicos; Bilbao, Spain Tomo 37, (Aug 1, 1982): 403. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/97848bda2e07dd60d4164ecd3a72cc/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1818612>
6. Holik, F. (2017). Teoría de la información de Claude E. Shannon. En Diccionario Interdisciplinar Austral, editado por Claudia E. Vanney, Ignacio Silva y Juan F. Franck. Disponible en: <http://dia.austral.edu.ar/Teoría de la información de Claude E. Shannon>
7. Pedroso, Y. (2012). Modelo didáctico del proceso de desarrollo de habilidades de estudio en la disciplina Fundamentos de la Matemática Escolar. Pinar del Río. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas).
8. Pedroso, Y. (2018). Caracterización de la actividad científica de la matemática en estudiantes de ingeniería. IX Congreso REDIPE. Libro: Memoria del Congreso.
9. Pedroso, Y. (2019). Caracterización de la habilidad de búsqueda procesamiento y comunicación de la información matemática. X Congreso REDIPE. Libro: Memoria del Congreso.
10. Pedroso, Y. (2020). Sistematización de la medida de Riemann en los programas de Análisis Matemático de carreras de Ingeniería en Angola. XI Congreso REDIPE. Libro: Memoria del Congreso.
11. Rubio, I. (2005). Modelo para la gestión del proceso de desarrollo de habilidades de estudio, con enfoque profesional, en la carrera de Licenciatura en Educación, especialidad Ciencias Exactas. Pinar del Río. Tesis (en opción al grado científico de doctor en Ciencias Pedagógicas).
12. Ruiz, J. (2009). La matemática como ciencia. Disponible en: <http://www.ilustrados.com/tema/8801/Matematica-como-Ciencia.html>
13. Vázquez, J.L. (2004). Matemáticas, ciencia y tecnología: una relación profunda y duradera. En: *De la aritmética al análisis: historia y desarrollo recientes en matemáticas*. Universidad Autónoma de Madrid, España.
14. Vilenkin N. et al. (1989). Modernos elementos del curso escolar de Matemáticas. Editorial Moscú. Rusia.