Investigación Valdizana
ISSN: 1995-445X
revistavaldizana@unheval.edu.pe
Universidad Nacional Hermilio Valdizán
Perú

Lucas Cabello, Adalberto; Miraval Trinidad, Caleb J.
Perspectiva epistemológica de las matemáticas como fundamento de las ciencias
Investigación Valdizana, vol. 13, núm. 1, 2019, Enero-Marzo, pp. 40-50
Universidad Nacional Hermilio Valdizán
Perú

DOI: https://doi.org/10.33554/riv.13.1.170

INVESTIGACIÓN VALDIZANA
https://doi.org/10.33554/riv.13.1.170
ARTÍCULOS ORIGINALES
Dirección de Investigación Universitaria, Universidad Nacional Hermilio Valdizán
Vol. 13 (1), enero - marzo de 2019, Huánuco-Perú
http://revistas.unheval.edu.pe/
ISSN 1995 - 445X

Perspectiva epistemológica de las matemáticas como fundamento de las ciencias

Epistemological Perspective of Mathematics as the basis of science

Adalberto Lucas Cabello[1,2,4], **Caleb J. Miraval Trinidad**[1,3,5]

Resumen

La presente investigación buscó establecer la perspectiva epistemológica de las matemáticas como fundamento de las ciencias. Enmarcada al tipo de investigación fundamental o básica, la razón, nuestro propósito fue profundizar, acrecentar y en lo posible generar conocimientos sobre epistemología de las matemáticas, y las matemáticas como fundamento de las ciencias. Cerca al epílogo del estudio arribamos al resultado siguiente: Las matemáticas son el fundamento de las ciencias, porque es el lenguaje de la naturaleza, del cosmos y ambos se expresan solo a través de las matemáticas; así mismo porque la medición es factor básico para la construcción del conocimiento científico, descubrir nuevas teorías y leyes. Finalmente llegamos a la conclusión que se estableció que las matemáticas son fundamento de las ciencias, esencialmente de las ciencias naturales y en menor medida de las ciencias sociales. La filosofía posee una relación reflexiva con las matemáticas y las matemáticas desde una perspectiva epistemológica se constituyen en objeto de investigación científica.

Palabras clave: Fundamento, epistemología, matemáticas, ciencias sociales.

Abstract

The present research study sought to establish the epistemological perspective of mathematics as the basis of science. Focused on the fundamental or basic research, the reason, our purpose was to deepen, increase and as much as possible generate knowledge about epistemology of mathematics, and mathematics as the basis of science. Near the study's epilogue, we arrived at the following result: mathematics is the basis of the sciences, because it is the nature's and cosmos' language and both are expressed only through mathematics; similarly, because the measurement is a basic factor for the construction of scientific knowledge, discover new theories and laws. To end up, we came to the conclusion that it was established that mathematics is the basis of sciences, essentially of the natural sciences and to a lesser extent of the social sciences. Philosophy has a reflexive relationship with mathematics and mathematics from an epistemological perspective are the object of scientific research.

Keywords: Foundation, Epistemology, mathematics, social sciences.

[1]Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú

E-mail, [2]adalberto_lucas@hotmail.com, [3]josuemiraval@hotmail.com

Orcid ID: [4]https://orcid.org/0000-0002-9710-2905
Orcid ID: [5]https://orcid.org/0000-0002-8412-9877

Recibido: 18 de octubre de 2018
Aceptado para publicación: 15 de enero de 2019

Introducción

Las matemáticas, como ciencia formal, conceptualmente, tiene su origen etimológico en la voz griega *mathematike*, que significa cantidad o magnitud. Entonces desde el punto de vista etimológico, las matemática es ciencia que trata de cantidad o magnitud. Actualmente las matemáticas, es definida como (Salvat, 2004):"Ciencia que estudia, por medio de los sistemas hipotético-deductivos, las propiedades de los entes abstractos, tales como las figuras geométricas, los números, etc., así como las relaciones que se establecen entre ellos" (p. 9833). Coincidiendo con esta apreciación, García (2004) indica que: "Matemáticas es Ciencia que estudia los números y las figuras, así como las relaciones que se establecen entre ellos" (p. 142). Como podemos observar la matemática no es una disciplina única, sino un compendio de ellas: álgebra, aritmética, lógica, teoría de conjuntos, geometría, etc., todas ellas estrechamente relacionadas. A su vez debemos añadir que existen dos clases: (1) La matemática pura que tiene por objeto el estudio de la cantidad considerada en abstracto. (2) Matemática aplicada o mixta que se ocupa del estudio de la cantidad considerada en relación con fenómenos físicos de agrimensura, de estadística, etc. Filosóficamente esta ciencia es entendida (Hijar, 2004) "como ciencia de la construcción de conceptos posibles. La matemática se identifica con la parte exacta del pensamiento humano que permite aprehender la evidencia de los conceptos; de modo que toda conclusión debe estar controlada por su propia evidencia" (p.147). Podemos notar que desde el campo de la filosofía no abarca toda forma de pensamiento sino solo aquellos que se acercan a la exactitud y la precisión, para a partir de ella construir conceptos posibles. Por el lado de la epistemología está directamente relacionada con el origen, desarrollo y desenvolvimiento del conocimiento.

El desconocimiento o la falta de información acerca de los problemas epistemológicos y filosóficos de las matemáticas generan consecuencias establecidas en un conjunto de problemas, entre ellas un analfabetismo epistemológico, la creencia de falta de relación entre la epistemología y las matemáticas.

Como una manera de contribuir al mundo académico de nivel universitario, realizamos el estudio de la *Perspectiva epistemológica de las matemáticas* a partir de una investigación fundamental, desarrollando tópicos de epistemología y su relación con las matemáticas.

En base a lo señalado formulamos la siguiente pregunta: ¿Cuál es la perspectiva epistemológica de las matemáticas como fundamento de las ciencias? Sabemos que definir un tema de investigación es una empresa complicada; nosotros optamos por: *Perspectivas epistemológicas de las matemáticas como fundamento de las ciencias*. Este campo no ha sido explorado con la amplitud debida; existen temas que exigen continuar investigando, como: ¿Son los números objeto de investigación? ¿Las matemáticas han sido descubiertas o inventadas por el hombre? ¿Son exactas las matemáticas? ¿Cuál será el futuro de las matemáticas desde la mirada epistemológica? ¿Cuál es la naturaleza de los números? El objetivo central fue establecer la perspectiva epistemológica de las matemáticas como fundamento de las ciencias.

> A lo largo de los siglos, los esfuerzos de estos matemáticos han ayudado a dotar de mayor profundidad nuestra propia comprensión: que la tierra es redonda, que las misma fuerza que hace caer una manzana es también la responsable del movimiento de los cuerpos celestes, que el espacio es finito y no eterno, que tiempo y espacio están entrelazados y envueltos por materia y energía, que el futuro solo puede determinarse a través de la probabilidad… Semejantes innovaciones en nuestra manera de percibir el mundo han ido siempre de la mano de revoluciones en el pensamiento matemático. Así por ejemplo, Isaac Newton nunca hubiera podido formular sus leyes sin la geometría analítica de René Descartes o sin las invenciones de cálculo del propio Newton. También resulta difícil de imaginar el desarrollo de la electrodinámica o de la teoría cuántica sin los métodos de Jean Baptiste Joseph Fourier o sin el trabajo en cálculo y pionera teoría de funciones complejas de Carl Friedrich Gauss y Agustín-Louis Cauchy. Del mismo modo hay tener en cuenta el trabajo de Henri

ISSN 1995 - 445X, Rev. Inv. Val.; 13(1), enero - marzo 2019, 40-50

Lebesgue sobre la teoría de la medida para valorar la rigurosa comprensión que hoy tenemos de las teorías cuánticas formuladas por John von Neumann. Tampoco Albert Eisntein hubiera podido completar su teoría general de la relatividad sin el conocimiento de las innovadoras ideas geométricas de Bernnhard Riemann. Finalmente hay que mencionar a Pierre Simon Laplace, sin cuyo pionero desarrollo de los conceptos de probabilidad y estadística la ciencia actual tendría mucho menos peso, o aun ninguno. Quizá por ello en todas las edades la ciencia de la física ha dedicado su máximo esfuerzo intelectual a las matemáticas. Pero la matemática es más que una herramienta y un lenguaje para la ciencia. También es principio y fin en sí misma y, como tal, ha influenciado nuestra visión del mundo a lo largo del tiempo. Así, por ejemplo Karl Weiersstrass nos cedió una nueva idea de lo que significaba para una función el ser continua, y el trabajo de Georg Cantor revolucionó la concepción general del infinito. De otra parte, las Leyes del pensamiento de George Boole demostraron que la lógica era un sistema de proceso sujeto a leyes idénticas a la del álgebra, lo que iluminó la propia naturaleza del pensamiento y permitió finalmente su parcial mecanización, es decir, la moderna computación digital. La potencia y los límites de esta computación digital fue iluminada por Alan Turing, mucho antes incluso de las sofisticadas computaciones fueran posibles. Kurt Gödel, por fin, consiguió demostrar un teorema que perturbaba a muchos filósofos –así como quienes creían en una verdad absoluta: que en un sistema lógico suficientemente complejo (como el de la aritmética) existen enunciados que no pueden ser probados ni refutados. Por si fuera poco, también probó que la cuestión de si el sistema en sí mismo era lógicamente consistente no podía tampoco ser demostrado dentro de los límites del propio sistema [...] Como ocurrió en el pasado, el desarrollo futuro de las matemáticas afectará sin duda, de forma directa o indirecta, a nuestra forma de vivir y de pensar. Las maravillas del mundo antiguo, como las pirámides de Egipto, fueron física. Como ilustra este volumen, las mayores maravillas del mundo moderno se encuentran en nuestro propio entendimiento (Hawking, 2011, pp. XIII – XIV).

Hawking, ensaya con criterio científico, que la matemática a través de la historia jugó un rol básico en el desarrollo de la ciencia, gracias a ella entendemos al mundo, podemos comunicarnos y entendernos como seres simbólicos.

Habría que hacerse las preguntas, ¿Cuál es la perspectiva epistemológica de las matemáticas como fundamento de las ciencias?, ¿por qué las matemáticas son el fundamento de las ciencias? Otros se preguntan: ¿son las matemáticas esencia de las cosas? Y en seguida proponernos el siguiente objetivo cardinal: Establecer la perspectiva epistemológica de las matemáticas como fundamento de las ciencias.

Por nuestra parte ensayaremos una primera respuesta, las matemáticas son el fundamento de las ciencias porque ellas -las matemáticas- como disciplinas esenciales sirven de base a la ciencia, son su cimiento en que estriba y sobre el que se funda. Aquello considerado como principio sobre el cual reposa la ciencia.

No debemos dejar de mencionar que su influencia es en mayor medida en las ciencias naturales que en las ciencias sociales.

Por otro lado es preciso decir que las matemáticas, así como el tiempo, tiene su historia, ya el hombre paleolítico posiblemente para trabajar la piedra ya tenía en la mente la idea de la forma que debía tener finalmente. En ella se configuran formas geométricas, si la hicieron conscientemente o no, es asunto de especulación, pero las piedras pulimentadas están ahí con formas y estilos geométricos.

> En el rincón del campamento, los talladores están en plena faena. Uno de ellos coge un bloque de sílex todavía virgen, tal como lo encontró unas horas antes. Se sienta sobre la tierra -probablemente con las piernas cruzadas- apoya la piedra en el suelo, la sujeta con una mano y, con la otra, golpea el borde con una piedra maciza. Se desprende una primera esquirla. Observa el resultado, da la vuelta a su sílex y golpea una segunda vez por el otro lado. Las dos primeras

ISSN 1995 - 445X, Rev. Inv. Val.; 13(1), enero - marzo 2019, 40-50

esquirlas así desprendidas en ambas caras dejan una arista cortante en el borde del sílex. Ya solo falta repetir la operación por todo el entorno. En algunos lugares, el sílex es demasiado grueso o demasiado ancho, y hay que quitar trozos más grandes para dar al objeto final la forma deseada.

Porque la forma de bifaz no se deja al azar ni a la inspiración del momento. Se piensa, se trabaja y se transmite de generación en generación. Encontramos diferentes modelos según la época y el lugar de fabricación. Algunos tienen forma de gota de agua con una punta sobresaliente; otros, más redondeados, presentan el perfil de un huevo, mientras que otros se acercan más a un triángulo isósceles con los lados levemente abombados.

No obstante, todos tienen algo en común: un eje de simetría. ¿Tendría una finalidad práctica esta geometría o sería simplemente una intención estética lo que empujó a nuestros antepasados a adoptar estas formas? Es difícil saber. Lo cierto es que esta simetría no puede ser fruto del azar. El tallador debía premeditar su golpe. Pensar en la forma antes de realizarla. Construirse una imagen mental, abstracta, del objeto que quería ejecutar. En otros términos, hacer matemáticas" (Launay, 2017, pp. 14-15).

Indiscutiblemente el ser humano, en su evolución cultural, hizo uso de herramientas las mismas que le permitieron garantizar la supervivencia de su especie, es bueno considerar también que el uso del lenguaje y vivir en sociedad son otros factores fundamentales para su permanencia sobre la faz de la Tierra. Como parte de su evolución cultural está el desarrollo de su pensamiento, el mismo que es producto de la materia altamente desarrollada: el cerebro humano. El pensamiento le abrió las puertas para dar conceptos a las cosas tangibles y no tangibles; emitir juicios y razonar con propiedad. Trabajar la piedra, buscar la simetría en ella, cimentar una imagen mental, desarrollar mentalmente una forma abstracta de la piedra es ya un gran paso en la constitución de los primeros indicios de uso de las matemáticas.

Con el transcurso de los siglos y quizá milenios, el Homo Sapiens, se adentró más en la comprensión del mundo gracias a las matemáticas, comprendió que la medida o la medición es esencial en las ciencias, como la física y la química.

El distintivo de una buena ciencia es la medición. Lo que conozcas acerca de algo suele relacionarse con lo bien que pueda medirlo. Así lo anunció acertadamente Lord Kelvin, famoso físico del siglo XIX: *Con frecuencia digo que cuando puedas medir algo y expresarlo en números, quiere decir que conoces algo acerca de ello. Cuando no lo puedas medir, cuando no lo puedas expresar en números, tu conocimiento es insuficiente y poco satisfactorio. Puede ser el comienzo de un conocimiento, pero en cuanto tu pensamiento, apenas has avanzado para llegar a la etapa de la ciencia, cualquiera que esta sea*. La medición científica no es algo nuevo, sino que se remontan a la antigüedad. Por ejemplo, en el siglo III a.C., se realizaban mediciones bastante exactas de los tamaños de la Tierra, la Luna y el Sol, así como la distancia entre ellos. (Hewitt, 2007, p. 67)

La medida, en la física, implica hacer de la matemática su fundamento, su principio, que le sirve de base, sobre la que se apoya para construir el edificio de una ciencia propiamente dicha.

La química no podía ser ajena a esta necesidad, la medida le permitió a Antoine Laurent Lavoisier encontrar el camino correcto para hacer de la química una ciencia.

Un cuerpo de conocimientos que describe el orden dentro de la naturaleza y las causas de ese orden. Asimov en su Breve historia de la química, incluye un título El triunfo de la medida, en él nos dice: "Desde el principio de sus investigaciones químicas, Lavoisier reconoció la importancia de las mediciones precisas. Así su trabajo importante, en 1764, trata sobre una investigación de la composición del yeso: lo calentó para extraer el agua que contenía, y midió luego la cantidad de agua liberada. Unió así a los que, como Black y Cavendish aplicaban la medición a los cambios químicos. Lavoisier, sin embargo, era más sistemático, y la utilizó como instrumento con el que derribar la antigua teoría que, ya inservible, no harían sino entorpecer el progreso de la química.

ISSN 1995 - 445X, Rev. Inv. Val.; 13(1), enero - marzo 2019, 40-50

(Hewitt, 2007, p. 78)

A Lavoisier con justicia se le reconoce como el principal gestor y responsable de la revolución química, también creador y padre de la química moderna. Para él la medición era fundamental en la química, por eso utilizaba la balanza para pesar, el termómetro para medir; además el gasómetro, el barómetro, actitud científica que nos dice claramente la importancia de lo cuantitativo en la investigación de la química.

Además debemos añadir que Lavoisier con originalidad introdujo la precisión y las matemáticas para realizar sus experimentos y el análisis de los datos.

Vemos que para la revolución de esta ciencia fue fundamental la presencia de las matemáticas para darle explicación y justificación racional a la nueva química moderna, en otros términos diremos que las matemáticas se constituyen en la razón de ser de las ciencias.

> Diríamos que son dos los hechos cardinales que hicieron de la química una ciencia: la medición y la superación definitiva de la teoría del flogisto, este último conocido como una sustancia que estaba presente en todas las cosas sin ser vista, pero producía combustión. La matematización de la química permitió que en ella se descubriera la ley de la conservación de la materia, obviamente planteada por Lavoisier, significa que la materia puede transformarse mas no destruirse.
>
> Podemos notar que la medida, expresión matemática de una cantidad fue fundamental para Lavoisier, pues ella le condujo a establecer la ley de conservación de la masa. Con justicia Cohen (2002) dirá: *Es evidente que la revolución química de Lavoisier satisface todos los criterios para que se la considere una revolución en la ciencia. Fue reconocida como tal por sus contemporáneos y por todos los historiadores y científicos posteriores. La ciencia y el lenguaje de la química han seguido las pautas establecidas por una revolución. Por ello, la Revolución química es un ejemplo paradigmático de una revolución en la ciencia* (p. 133).

Existe una disyuntiva respecto a la relación de la filosofía con las ciencias y la relación de la filosofía con las matemáticas: ¿la relación de la filosofía con la ciencia y las matemáticas fue y es de carácter reflexiva o fue de carácter armonioso? Consideramos en algunos casos y momentos fue reflexivo, es decir, la filosofía somete a crítica a la ciencia y a las matemáticas, no las considera como saberes indubitablemente verdaderos; pero en otros momentos su relación es armoniosa, la filosofía contribuye en la construcción del conocimiento científico como también contribuye en el análisis de las matemáticas.

> Desde que las matemáticas y las ciencias se integraron hace unos IV siglos, la ciencia y las condiciones de vida han progresado en forma asombrosa. Cuando las ideas de las ciencias se expresan en términos matemáticos, son concretas. Las ecuaciones de las ciencias son expresiones compactas de relaciones entre conceptos. No tienen los múltiples sentidos que con tanta frecuencia confunden la discusión de las ideas expresadas en lenguaje cotidiano La estructura matemática de la física se hace evidente en muchas de las ecuaciones. Las ecuaciones son guías de razonamiento que demuestran las conexiones entre los conceptos de la naturaleza. Los métodos de las matemáticas y la experimentación han guiado a la ciencia hacia un éxito enorme. (Hewitt, 2007, p. 104)

Es sabido, por otro lado, que los seres humanos para encontrar alguna explicación a los fenómenos naturales acudimos a dioses a entes supraterrenales, no acudíamos a la razón sino a la fe, para entender cómo se regulan los fenómenos naturales tuvimos que descubrir leyes, teorías científicas, son ellas las que explican y predicen lo que ocurre en el mundo de la naturaleza.

Según Gribbin (2001) *La coincidencia no pasaba de ser aproximada y se basaba en una creencia mística según la cual los cielos deben estar gobernados por la geometría, en vez de basarse en algo que pudiéramos llamar ciencia. Este modelo quedó obsoleto en cuanto el propio Kepler demostró que la órbita de los planetas era elípticas, es decir, como como una circunferencia que, en vez de ser circular, es alargada. De todas formas, hoy en día sabemos que hay más de seis planetas, por lo que no* *tiene sentido una interpretación geométricas en estos términos*. (p. 58)

Es menester considerar que por su profunda fe religiosa Kepler fue luterano, por su razonamiento lógico aceptó la teoría heliocéntrica de Copérnico, con errores propios de su época intentó inicialmente a partir del misticismo explicar que el cielo obedecía al gobierno de la geometría, pero como bien señala Stephen Hawking "Si alguna vez se otorgara un premio a la persona que a lo largo de la historia más se ha obstinado en la búsqueda de la precisión absoluta, éste podría obtenerlo el astrónomo alemán Johannes Kepler…" Esta actitud por la precisión le condujo, entre otras cosas, a rectificarse y señalar desde la mirada de la razón que la órbita de los planetas es elíptica. Equivocado o no, místico o no, Kepler intentó hacer de la geometría una disciplina matemática que explicara por qué el sistema solar es como es.

No detuvo sus pasos ahí, continuó avanzando por la orilla de las matemáticas; contemplemos la siguiente situación que Hawking nos narra: *Brahe dedicó muchos años de su vida a catalogar y medir cuerpos celestes, pero carecía de las aptitudes matemáticas y analíticas necesarias para comprender el movimiento planetario. Hombre de fortuna considerable, Brahe contrató a Kepler para interpretar sus observaciones sobre la órbita de Marte, que tanto había confundido a los astrónomos durante años. Con grandes dificultades, Kepler consiguió interpretar los datos de Brahe sobre el movimiento de Marte como una órbita elíptica, y este éxito otorgó credibilidad matemática al modelo heliocéntrico copernicano*.

Dos asuntos en este párrafo, el primero, los esfuerzos de astrónomos y de la propia astronomía, no encuentran coherencia distanciados de las matemáticas. El ejemplo claro es Tycho Brahe. Contrariamente cuando las ciencias modernas, entre ellas la astronomía, apoya sus observaciones y sus inferencias en las matemáticas, encuentran una explicación más lógica, son más exitosas. Esto es, las matemáticas por necesidad teórica se van constituyendo en base, fundamento de las ciencias.

Las matemáticas, le dan sentido a la existencia del todo, sea el macrocosmos, sea el microcosmos, como también a los seres bióticos como abióticos, sociales o no. Sin ella el mundo sería incomprensible, la sociedad viviría casi incomunicada. Gribbin (2012) al respecto señala que: La ciencia se escribe en el lenguaje de las matemáticas, como constató Galileo. Pero este lenguaje estaba lejos de haber llegado a su desarrollo pleno en la época de Galileo, y el lenguaje simbólico que hoy reconocemos automáticamente como matemáticas -el lenguaje de fórmulas tales como E=mc2 y el modo en que podemos expresar las curvas geométricas mediante funciones- tuvo que ser inventada antes que los físicos pudieran utilizar ampliamente las matemáticas para describir el mundo en que vivimos. (p.156) Expresado de modo más sencillo Gribbin nos hace ver y recordar que el fundamento de las ciencias son las matemáticas.

Por su lado Hansen-Love y et al. (2017) manifiesta que: "… las matemáticas son para la ciencia un modelo de rigor, precisamente porque sus herramientas son a priori, es decir, sin equivalente en la experiencia sensible". (p. 312) El desarrollo y desenvolvimiento de las matemáticas en el espacio y el tiempo nos dice que, en el siglo XVII, esta ciencia, se distancia de la filosofía natural, por entonces; hoy conocida como física, esta separación no significa un total alejamiento, decimos esto porque la matemática le suministra a la física un lenguaje apropiado para enunciar las leyes descubiertas como producto de la aplicación del método científico denominado experimental.

El desarrollo y desenvolvimiento de las matemáticas en el espacio y el tiempo nos dice que en el siglo XVII, esta ciencia, se distancia de la filosofía natural, por entonces; hoy conocida como física, esta separación no significa un total alejamiento, decimos esto porque las matemáticas le suministra a la física un lenguaje apropiado para enunciar las leyes descubiertas como producto de la aplicación del método científico denominado experimental.

Las matemáticas no solo están presentes en nuestras vidas, en las ciencias, sino también en las artes.

ISSN 1995 - 445X, Rev. Inv. Val.; 13(1), enero - marzo 2019, 40-50

> Leonardo Da Vinci escribió en su cuaderno: "La ciencia de la pintura comienza con el punto, después viene la línea, en tercer lugar llega el plano, y lo cuarto es el cuerpo en su ropaje de planos". En la jerarquía Da Vinci, el punto tiene dimensión cero, la línea es unidimensional, el plano es bidimensional y el espacio es tridimensional. ¿Podría esto ser más obvio? Es así como el geómetra griego Euclides había divulgado el punto, la línea, el plano y la geometría sólida, y Leonardo estaba siguiendo la exposición de Euclides (Crylly, 2012, p. 102).

Diremos también, que la música tiene una base matemática, ya los pitagóricos en su tiempo establecieron una relación incuestionable entre las matemáticas y la música. Hoy no podemos entender las artes sin el uso adecuado y oportuno de las matemáticas.

> La cuestión de la relación entre matemática y las demás ciencias es muy compleja. En todo caso, se han manifestado al respecto muy diversas opiniones. Para algunos, la matemática es la lengua uniersal de las ciencias. Si algunos se resisten a la llamada "matematización" es simplemente o porque las matemáticas usadas no son, o no son todavía suficientemente ricas y flexibles. Para otros la matemática se aplica a las ciencias en grado decreciente de intensidad desde la física, completamente, o casi o completamente matematizada, hasta la historia, donde la matemática desempeña un papel modesto o nulo. Parece no encontrarse nadie para quien la matemática puede resultar perniciosa, inclusive para ciencias ya altamente matematizadas (Ferrater, 1994, p. 3210)

Aceptando que existe o pudiera que existir problemas de relación entre la matemática y la realidad, la matemática y las ciencias, sobre ésta última relación diremos que, reconociendo que la matemática es un tipo de lenguaje, entonces la relación que hay es entre el lenguaje matemático y las ciencias. Según Ferrater (1994) "… en efecto, preguntar en qué medida pueden, o deben, usarse las matemáticas en otras ciencias equivale a preguntar en qué medida las matemáticas pueden o deben, usarse para describir, resumir o precisar los conocimientos que forman el contenido de las demás ciencias" (p. 3215).

Es necesario remarcar que las matemáticas son el lenguaje de la naturaleza, la misma que se expresa de diversas formas, entre ellas la medición es fundamental, se mide todo en la física y la química, la biología y la economía, incluso las ciencias sociales tienen necesidad de las matemáticas, en menor grado, claro que sí, pero requieren de esta ciencia.

> El libro de la naturaleza está escrito con el lenguaje de las matemáticas", dijo Galileo, y también: "Hay que medir todo lo que es medible y hacer medible lo que no es". Esta era una forma de decir que la mera descripción de los fenómenos naturales no bastaba había que expresarlos mediante fórmulas matemáticas que permitieran realizar cálculos y predicciones fiables. No era suficiente con saber que un objeto que cae desde cierta altura se mueve verticalmente hacia abajo y lo hace a gran velocidad, sino que, además, había que calcular esa velocidad de caída. Y para ello era necesario realizar unas mediciones precisas. (Frabetti, 2016, p. 9)

> En los primeros años del siglo XVII, Galileo experimentó con el péndulo y exploró la relación de este con el fenómeno de la aceleración natural. También empezó a trabajar en un modelo matemático que describía el movimiento de la caída de los cuerpos, que estudió midiendo el tiempo que tardaban unas bolas en rodar diversas distancias a lo largo del plano inclinado [...] en 1634 reemprende el trabajo de Dos nuevas ciencias [...] Las dos nuevas ciencias en que se concentra Galileo son el estudio de la resistencia de materiales (una rama de la ingeniería), y el estudio del movimiento (la cinemática, una rama de las matemáticas). En la primera mitad del libro Galileo describió sus experimentos con planos inclinados sobre el movimiento acelerado. En la segunda mitad, se enfrentó al espinoso problema del cálculo de la trayectoria de un proyectil disparado por un cañón. Inicialmente, se creía que, según los principios aristotélicos, un proyectil seguía una línea recta hasta que perdía su "espíritu" y caía directamente al suelo. Posteriormente, los observadores advirtieron que en realidad volvía a tierra en una trayectoria curva cero. Galileo llegó a la conclusión de que una trayectoria del proyectil está determinada por dos

> movimientos: uno vertical, producido por la gravedad, que tira el proyectil hacia abajo, y otro horizontal, gobernado por el principio de inercia. Galileo demostró que la combinación de estos dos movimientos independientes determina el recorrido del proyectil a lo largo de una curva descriptible matemáticamente. (Hawking, 2014, pp. 355-356)

Algunos entendidos en temas sociológicos consideran que la sociedad contemporánea es una sociedad de la información, de organizaciones y del conocimiento, en este mundo complejo, las matemáticas se hacen más necesarias, la ciencia y la tecnología para su desarrollo requieren de mediciones más precisas, tanto para crear como para innovar.

Y en eso estamos: seguimos midiendo todo lo medible con una exactitud cada vez mayor e intentando hacer medible lo que aún no lo es, asombrándonos sin cesar de que el libro de la naturaleza esté escrito con el claro y preciso lenguaje de las matemáticas. Pues, como dijo Eugene Paul Wigner, premio Nobel de Física: La enorme utilidad de las matemáticas en las ciencias naturales es algo que roza lo misterioso, y no hay explicación para ello. No es absoluto natural que existan leyes de la naturaleza, y mucho menos que el ser humano sea capaz de descubrirlas. Lo adecuado que resulta el lenguaje de las matemáticas para la formulación de leyes de la física es un regalo maravilloso que no acabamos de comprender. (Frabetti, 2016, p. 11)

A pesar de los avances señalados, todavía no hemos comprendido del todo por qué las matemáticas son la esencia de las cosas, por qué los problemas físicos requieren todavía de las matemáticas para ser resueltas y porqué la química tiene la necesidad de pesar o medir todo para transformar la realidad o producir nuevos materiales, como productos que la sociedad necesita.

Sobre este tema Manel (2016) dice: *De hecho, las matemáticas constituyen un instrumento muy útil para aprender a pensar, porque cuando estamos en ellas nos trasladamos a la razón pura, a la lógica, al rigor. Y para ello nuestra imaginación tiene que ponerse en marcha* (p. 11). No solo esta ciencia de las cantidades y las formas, es útil para las ciencias, sino su utilidad es también porque nos ayuda a razonar mejor, a pensar mejor, a comunicarnos mejor y sobre todo para arribar a conclusiones coherentes, verdaderas.

Avancemos e incursionemos en la relación matemáticas – ciencias sociales, es difícil la matematización de las ciencias sociales, porque la sociedad tiene sus propias formas de expresarse, sus leyes no están definidas claramente, del conjunto de estas ciencias, es la economía quien tiene mayor relación con las matemáticas, tanto es así que los epistemólogos consideran que la ley de la oferta y la demanda es la única ley científica, de todas las ciencias sociales.

> El término economía se refiere a aquellos principios y análisis económicos que se formulan y desarrollan por medio de símbolos y métodos matemáticos [...] La economía, las matemáticas se utilizan en dos formas generales: 1) para derivar y expresar teorías económicas, y 2) para poner a prueba cuantitativamente hipótesis o teorías económicas; el álgebra y la topología, el cálculo, la diferencia y las ecuaciones diferenciales, el álgebra lineal y la topología son las principales herramientas empleadas en la primera forma, mientras técnicas matemáticas como el análisis de la regresión múltiple se utiliza para la segunda. La econometría, herramienta dominante de la economía contemporánea, combina estos dos tipos de economía matemática". (Brue y Grand, 2008, p. 241)

En la actualidad muy a pesar de no comprender por qué las matemáticas son casi imprescindibles, ella está cotidianamente presente en el mundo de la tecnología. Frabetti (2016), escribe: *No acabamos de comprenderlo, pero cada vez lo tenemos más claro*. Con la eclosión de la informática, la "matematización" del saber ha alcanzado niveles que hasta hace poco resultaban inimaginables, y seguimos avanzando a grandes pasos por un fascinante camino que se inició cuando nuestros ancestros empezaron a contar y a medir. (p.11) Desde la segunda revolución científica que tuvo lugar en el siglo XVII la ciencia ha pasado por diversas transformaciones, las matemáticas y el método científico, si bien muchas de ellas son las

ISSN 1995 - 445X, Rev. Inv. Val.; 13(1), enero - marzo 2019, 40-50

mismas, pero su aplicación y su función se han diversificado.

Finalmente diremos que las matemáticas están en todas partes y están presentes en todo momento, en todo campo de estudio y en toda investigación científica.

> Las matemáticas impregnan todos los campos del conocimiento científico y desempeñan un papel incalculable en biología, sociología e ingeniería, las matemáticas pueden utilizarse para explicar los colores de un atardecer o la estructura cerebral. Nos ayudan a construir aviones supersónicos y montañas rusas, a simular el fluir de los recursos naturales de la Tierra, a explorar las realidades subatómicas y a imaginar galaxias lejanas. Las matemáticas han cambiado el modo en que miramos al cosmos [...] Las matemáticas nos permiten construir naves espaciales e investigar la geometría del universo. Los números pueden ser la primera forma de comunicarnos con razas alienígenas inteligentes. Algunos físicos han llegado a jugar con la idea de que una mejor comprensión de las dimensiones superiores y de la topología (el estudio de las formas y de las relaciones entre ellas) podría llevarnos a escapar de nuestro universo algún día cuando éste llegue a su fin por el calor o el frío: entonces podremos decir que todo el espacio-tiempo es nuestro hogar. (Pickover, 2014:10)

Metodología

El tipo de investigación definida fue la fundamental o básica, como manifiesta Ander-Egg (2011, p. 42): La investigación básica o pura es la que se realiza con el propósito de acrecentar los conocimientos teóricos para el progreso de una determinada ciencia, sin interesarse directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas; es más formal y persigue propósitos teóricos en el sentido de aumentar el acervo de conocimientos de una determinada teoría.

Siendo el objeto de investigación las matemáticas, ontológicamente entendida como ente abstracto, el diseño no experimental no estadístico, según Tamayo (2004, p. 45), al respecto señala que: Es aquel que no tiene reglas, no obedece a un plan preconcebido. Tiene como objetivo buscar una nueva información.

Por tratarse de una investigación fundamental, de carácter documental la población está constituida por toda bibliografía de filosofía y epistemología y la muestra constituida por la bibliografía sobre filosofía de las matemáticas y epistemología de las matemáticas.

Para definir la muestra se utilizó la técnica de muestreo intencional, la que nos permitió seleccionar la bibliografía referida a los temas cardinales de estudio, que para nuestro juicio son lo suficientemente representativos.

El método utilizado fué el hermenéutico, el mismo que nos permitió interpretar con reflexión y sentido lógico de los textos de filosofía y epistemología de las matemáticas.

Análisis de datos y discusión

La perspectiva epistemológica de las matemáticas es más influyente y creciente como fundamento de las ciencias. Además que: Las matemáticas son el lenguaje de la naturaleza y del cosmos. En la física y la química la medición solo puede darse en términos matemáticos. Las matemáticas como fundamento de las ciencias sociales es débil. Las matemáticas nos permiten entender al mundo. Las matemáticas nos permiten tener una comunicación clara y fluida.

Hawking (2011, pp. XIII – XIV), describe magistralmente el rol de las matemáticas en el desarrollo de las ciencias, lo hace en su obra Dios creó los números, expone: A lo largo de los siglos, los esfuerzos de estos matemáticos han ayudado a dotar de mayor profundidad nuestra propia comprensión: que la Tierra es redonda, que la misma fuerza que hace caer una manzana es también la responsable del movimiento de los cuerpos celestes, que el espacio es finito y no eterno, que tiempo y espacio están entrelazados y envueltos por materia y energía, que el futuro solo puede determinarse a través de la probabilidad... Semejantes innovaciones en nuestra manera de percibir el mundo han ido siempre de la mano de revoluciones en el pensamiento matemático. Así por ejemplo, Isaac Newton nunca hubiera podido formular sus leyes sin la geometría analítica de René Descartes o sin las invenciones de cálculo del propio Newton.

También resulta difícil de imaginar el desarrollo de la electrodinámica o de la teoría cuántica sin los métodos de Jean Baptiste Joseph Fourier o sin el trabajo en cálculo y pionera teoría de funciones complejas de Carl Friedrich Gauss y Agustín-Louis Cauchy. Del mismo modo hay tener en cuenta el trabajo de Henri Lebesgue sobre la teoría de la medida para valorar la rigurosa comprensión que hoy tenemos de las teorías cuánticas formuladas por John von Neumann. Tampoco Albert Eisntein hubiera podido completar su teoría general de la relatividad sin el conocimiento de las innovadoras ideas geométricas de Bernnhard Riemann. Finalmente hay que mencionar a Pierre Simon Laplace, sin cuyo pionero desarrollo de los conceptos de probabilidad y estadística la ciencia actual tendría mucho menos peso, o aun ninguno.

Quizá por ello en todas las edades la ciencia de la física ha dedicado su máximo esfuerzo intelectual a las matemáticas. Pero la matemática es más que una herramienta y un lenguaje para la ciencia. También es principio y fin en sí misma, y, como tal han influenciado nuestra visión del mundo a lo largo del tiempo. Como ocurrió en el pasado, el desarrollo futuro de las matemáticas afectará sin duda, de forma directa o indirecta, a nuestra forma de vivir y de pensar. Las maravillas del mundo antiguo, como las pirámides de Egipto, fueron física. Como ilustra este volumen, las moyores maravillas del mundo moderno se encuentran en nuestro propio entendimiento.

Hawking, (2010), ensaya con criterio científico, que las matemáticas a través de la historia jugó un rol básico en el desarrollo de la ciencia, gracias a ella entendemos al mundo, podemos comunicarnos, entender al mundo y entendernos como seres simbólicos.

Referencias bibliográficas

Allen, J. (2010). *Más allá de los números*. Barcelona: Tusquets Editores, S.A.

Allen. J. (2014). *El hombre anumérico: el analfabetismo matemático y sus consecuencias*. Barcelona: Tusquets Editores, S.A.

Antoni, L. (2005). *Matemáticas para aprender a pensar*. Madrid: Narcea S.A.

Baudet, J. (2013). *Errores científicos imperdonables*. Barcelona: Ediciones Robimbook.

Bell, E. (2014). *Historia de las matemáticas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Berlinski, D. (2013). *Uno, dos, tres: La belleza y la simetría de las matemáticas absolutamente elementales*. México: Editorial Océano.

Camps, V. (2016). *Elogio a la duda*. España: Arpa y Alfil Editores, S.L.

Chaitin, G. (2015). *El número omega: límites y enigmas de las matemáticas*. Madrid: Narcea S.A.

Cohen, B. (2002). *Revolución de la ciencia*. Barcelona: Editorial Gedisa.

Courant, R. y Robbins, H. *¿Qué son las matemáticas?*. México: Ediciones Siglo XXI.

CROLY, T. (2009). *50 cosas que hay que saber sobre matemáticas*. Barcelona: Editorial Ariel.

Dehaene, S. (2016). *El cerebro matemático*. México: Editores Siglo XXI.

Egoavil, J. (2014). *Fundamentos de matemática*. Lima: UPC.

Freiberger, M. y Thomas, R. (2016). *Matemáticas: 100 conceptos*. Madrid: Editorial Librero.

Gracian, E. (2011). *Los números primos: un largo camino al infinito*. Navarra España: Rodesa.

Hawking, S. (2011). *Dios creó los números*. España: Egedsa.

Hawking, S. (2010). *A hombros de gigantes*. España: Editorial Crítica.

Herce, R. (2014). *De la física a la mente: el proyecto filosófico de Roger Penrose*. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva.

Jackson, T. *Matemáticas: una historia ilustrada de los números*. Barcelona: Librero.

Manel, J. (2016). *La belleza de las matemáticas*. Barcelona: Plataforma Editorial.

Meavilla, V. (2014). *Matemática sagrada*. España: Editorial Guadalmazán.

Nagel, E. y Newman, J. (2008). *El teorema de Gödel*. Madrid: Editorial Tecnos.

Ornela, J. y Cíntora, A. (2013). *Dudas filosóficas*. Barcelona: Editorial Gedisa.

Pastor, J. (2000). *Historia de las matemáticas*. Barcelona: Editorial Gedisa, S.A.

Recalde, L. y Arbelaéz, G. (2011). *Los números reales como objeto matemático: una perspectiva histórico - epistemológico*. Colombia: Programa editorial.

Pickver, C. (2009). *El libro de las matemáticas*. España: Cliford. A.

Rumbos, I. (2011). *Breve historia de las matemáticas*. México: Editorial Trillas.

Sáenz, E. (2016). *Inteligencia matemática*. Barcelona: Plataforma Editorial.

Sambursky, S. (2011). *El mundo físico de los griegos*. Madrid: Alianza Editorial.

Stewart, I. (2014). *Los grandes problemas matemáticos*. Barcelona: Editorial Planeta.

Vaney, C. (2008). *Principios reales y conocimiento matemático*. España: Ediciones Universidad Navarra.