

REFLEXIONES SOBRE LOS PARADIGMAS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA; LA GEOMETRÍA FRACTAL UN ENFOQUE SISTÉMICO PARA LA INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINAR

REFLECTIONS ON THE PARADIGMS OF SCIENTIFIC RESEARCH; FRACTAL GEOMETRY, A SYSTEMIC APPROACH TO INTERDISCIPLINARY RESEARCH

Daniel Cristóbal ANDRADE GIRÓN¹

Edgardo Octavio CARREÑO CISNEROS²

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

RESUMEN: Los niveles de concreción paradigmáticos, se estudian a través de varios aspectos, por lo tanto, la investigación presente se propone: en primer lugar reflexionar sobre los paradigmas de la investigación científica considerando los enunciados de Kuhn y como fueron permeando en las ciencias, seguidamente se estudia la postura formulada por Guba, la cual estudia los paradigmas desde una visión filosófica; ontología, epistemología y metodología. La deliberación concluye con la introducción de la geometría fractal y como sus elementos presentan resultados que sintetizan la realidad compleja para contener una visión sistemática generando conocimientos de manera holística.

PALABRAS CLAVE: paradigmas, ontología, epistemología, metodología.

ABSTRACT: The levels of paradigmatic concreteness are studied through various aspects, therefore, the present research proposes: first, to reflect on the paradigms of

¹ Correo electrónico: dandrade903@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9746-3583>

² Correo electrónico: autores123@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7063-7072>

scientific research considering Kuhn's statements and how they permeated the sciences, then the position formulated by Guba is studied, which studies the paradigms from a philosophical viewpoint; ontology, epistemology and methodology. The deliberation concludes with the introduction of fractal geometry and how its elements present results that synthesize the complex reality to generate a systemic vision generating knowledge in a holistic manner.

KEYWORDS: paradigms, ontology, epistemology, methodology.

1. Introducción

El concepto de paradigma ha alcanzado su protagonismo a partir de la divulgación en 1962 del trabajo de Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, quien divulga desde el enfoque teórico la noción de paradigma, con el propósito de entender la dinámica del desarrollo de la ciencia. De este modo, se explica que todo desarrollo científico que se realice en un contexto, estará condicionado y determinado por la influencia del mismo y la capacidad de comprensión del objeto de estudio por parte del investigador, en otras palabras un paradigma representa una “matriz disciplinaria” en la que confluyen supuestos, valores, creencias y temas compartidos que constituyen el interés de la disciplina.

El autor demuestra que el término puede ser utilizado con dos acepciones distintas: “Por un lado, hace alusión a toda la constelación de creencias, valores, técnicas y demás, compartidos por los miembros de una comunidad dada” (Kuhn, 2007: 292). En el otro, expresa las salidas específicas a problemas que, usadas como modelos o ejemplos pueden suceder a las reglas como base para la solución de los dilemas de la ciencia natural.

En tal sentido, un paradigma representa un patrón, un modelo, o un arquetípico del observador sobre una realidad, en otras palabras, está condicionado a la episteme ya que los paradigmas actúan como tamices que sólo nos permiten ver lo que se halla dentro de nuestra lógica. Metafóricamente un paradigma puede ser considerado como el cauce por el cual transita todo proceso y acto de conocimiento; no obstante, muchas veces influenciados quizás por el positivismo, esos filtros impiden al investigador abordar fácilmente lo nuevo, lo diferente, lo extraño lo que no cumple con las condiciones de las leyes, reglas, o postulados del paradigma actual; este tema presenta una limitante para poder tener un conocimiento holístico de la realidad, para tener una visión global, es necesario

eliminar el filtro, ello permitirá generar nuevos conocimientos, y poseer una visión holística del contexto, estos nuevos conocimientos, no siempre desplazan los anteriores como la ciencia normal de Kuhn, sino que los complementan o generan nuevas teorías cuyos resultados amplían la visión del investigador.

Por lo que se refiere a la investigación que se presenta, es necesario recalcar que al iniciar cualquier estudio, es preciso definir cuál será la postura paradigmática que guiará la interpretación, pues según sea el paradigma que se elija dependerán la visión metodológica y los hallazgos que se encontrarán; para el presente estudio se utilizará el paradigma cualitativo, término que engloba cualquier tipo de investigación que genera hallazgos a los que no se llega por medio de operaciones estadísticas u otros medios de cuantificación (Strauss y Corbin, 2002).

Metodológicamente la investigación se sustenta en la corriente hermenéutica, disciplina que se encarga de la interpretación de los textos, como indica Beuchot (1999: 8): “descontextualiza para recontextualizar, llega a la contextualización después de una labor elucidatoria y hasta analítica”. Más específicamente servirán de guía los postulados de Gadamer, sobre los cuales descansa la premisa de definir la hermenéutica como el arte de comprender textos.

En tal sentido, el autor propone que al querer comprender el sentido de un escrito se debe estar dispuesto a recibir lo que este nos quiera transmitir, desde una visión sustentada en la alteridad del texto, supone acercarse al mensaje incorporando nuestra cosmovisión, entendiendo que se tienen opiniones previas y prejuicios preconcebidos que forman parte de nuestro ser. Gadamer (1993) lo enuncia de esta manera:

El que quiere comprender un texto realiza siempre un proyectar. Tan pronto como aparece en el texto un primer sentido, el intérprete proyecta enseguida un sentido del todo. Naturalmente que el sentido solo se manifiesta porque ya uno lee el texto desde determinadas expectativas relacionadas a su vez con algún sentido determinado (169).

Tomando en consideración lo antes expuesto, se abordará la visión de paradigma a través del enunciado dispuesto por Gadamer, dejando que los autores expongan sus ideas para luego ser interpretadas desde la otredad. En primer lugar, se describirá el concepto de paradigma acuñado por Kuhn con el cual se desarrollan las primeras premisas que ayudan a su estudio, seguidamente se introducirá la postura de Guba en la cual los paradigmas deben ser estudiados desde tres

planos; el ontológico, el epistemológico y el metodológico, posteriormente se desarrollará una explicación sistémica otorgada a los paradigmas, y para concluir se detallará la contribución de la geometría fractal, la cual aporta una visión más trascendental al término paradigma.

2. Thomas Kuhn y el término paradigmas

Acerca del término paradigma, es Kuhn (2004: 3) quien lo difunde como “realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica”; con esta propuesta Kuhn demuestra que un paradigma puede ser válido para un momento histórico dado, en efecto los paradigmas no son ni eternos ni inmutables y se van modificando en función del desarrollo de las llamadas anomalías que el paradigma dominante no logra explicar. Cuando el número de anomalías es considerable, la ciencia normal deja de ser explicativa, lo que permite que emerja un nuevo paradigma, dando origen a una nueva ciencia normal la cual da pie a la nueva verdad relativa, en otras palabras un paradigma permite crear nuestra propia realidad (Zidane, 2000: 29-30).

En cuanto a las propuestas iniciales de Kuhn desarrolladas en *La estructura de las revoluciones científicas* y en “Respuesta a mis críticos”, del año 1970, han sido revisadas y posteriormente se puede observar una posición más moderada que surge como resultado de tomar en consideración la crítica que fue recibida por postura inicial, en su versión más reciente, presenta una visión más cercana a la ortodoxia tal como se puede evidenciar en su obra desde 1983, donde su reflexión lo declara como un representante de un kantismo postdarwiniano. En definitiva, Kuhn se va alejando de la rigidez del conocimiento acumulativo para dar lugar a la posibilidad del surgimiento de nuevos paradigmas, que permitan ver de distinta manera la diversidad de perspectivas que coexisten en el mundo del conocimiento, dando lugar a una nueva fundamentación epistemológica en la que se plantea una relación diferente entre el investigador y lo investigado.

Acerca de ello, estamos llamados a asumir una postura innovadora y reflexiva con la cual al adoptar un nuevo paradigma podamos detectar las coyunturas que Kuhn denomina anomalías y que devienen en una crisis creadora que desembocan en la verdadera revolución científica. El tema expuesto anteriormente

se puede evidenciar con algunos ejemplos más específicos, que se presentan a continuación:

Uno de los paradigmas de los geólogos del petróleo es localizar los depósitos del hidrocarburo por medio de ruidos intensos. Sabiendo que las ondas sonoras transitan a través de diversos materiales a velocidades diferentes, los estudiosos lograban resolver su problema parcialmente basados en su paradigma tradicional utilizando el análisis de Fourier. Infortunadamente, las señales sísmicas contenían una gran cantidad de señales pequeñas no susceptibles de ser estudiados por el análisis de Fourier, por el carácter de periodicidad de dicho análisis, lo cual no lograba una respuesta satisfactoria para los geólogos (González, 2015).

Morlet, un ingeniero geólogo, emprendió el estudio de esas ondas extrañas (anomalías en el paradigma de Fourier), por lo que desarrolló su propio método para analizar las señales sísmicas, abordando de forma diferente al análisis de Fourier, en dicho análisis las funciones ya no son periódicas, sino son funciones que se dilatan, comprimen y desplazan en el tiempo. El método de Morlet aún no estaba publicado, pero parecía dar resultado, logró apartar una onda en las wavelets que la contenían y, seguidamente, acoplarlas nuevamente para formar la onda original. En estos últimos años la teoría de Wavelets está siendo estudiada con aplicaciones muy importantes en múltiples campos de la ciencia y la tecnología, pero dicho análisis, no ha remplazado al análisis de Fourier, sino más por el contrario complementa y amplía la visión del investigador (Daubechies, Kleppner, Mallat y Meyer).

Otro ejemplo importante para fundamentar lo mencionado, se origina en los albores de la civilización de Grecia cuando los resultados de la geometría fueron plasmadas en el libro de Euclides llamado los Elementos, es importante resaltar que uno de los postulados parecía no estar suficientemente justificado, anomalías en el paradigma euclíadiano, este supuesto es el paralelismo, llamado también el quinto postulado de Euclides, la pretensión de querer demostrar este postulado, originó el surgimiento de las geometrías no euclidianas, con sus propias definiciones, axiomas, teoremas y reglas, Nikolai Ivanovich Lobachevski en 1926 plantea una geometría no euclíadiana, y postula lo siguiente: “a través de un punto fuera de una recta, en el plano determinado por éstos, se pueden trazar por lo menos dos rectas que no cortan a la recta dada” el cual será denominado axioma del paralelismo (Smogorzhevski, 1978: 9). Posteriormente Georg Bernhard Friedrich Riemann, contribuye directamente a generar nuevas geometrías, igualmente que sus antecesores asumen una postura contraria a la planteada en

el quinto postulado de Euclides, explica la no existencia de rectas paralelas (Ruiz, 1999).

Finalmente, quedando estas tres geometrías igualmente validas con aplicaciones importantes cada uno en su espacio correspondiente, la geometría riemanniana con aplicaciones en espacios orientados a la geometría diferencial, teoría de la relatividad, mecánica cuántica , las geometrías euclidianas con aplicaciones en las ingenierías, construcciones, topografías en general en el espacio R^n , y la geometría de Lobachevski con aplicaciones en la cosmología, debemos tener en consideración que ninguna geometría pretende generalizar sus reglas a todos los espacios, mucho menos desde una geometría en particular se intentan explicar los objetos de estudio de las otras geometrías, si se desea tener una visión holística del sistema, las tres geometrías se complementan, según el ámbito y el objeto de estudio.

Otro ejemplo importante, se presenta en la Física para el año de 1880, el paradigma vigente fue la mecánica de Newton, parecía que todo se podía resolver a partir de este paradigma, pero existían problemas por solucionar, por ejemplo: al establecer las propiedades del éter y la descripción de los espectros. Sin embargo, la mecánica de Newton no podía dar respuestas, y comienza la crisis, es así como en al final década del siglo xix, se producen descubrimientos siguiendo reglas diferentes a la mecánica de Newton, estos descubrimientos fueron: los rayos X y el electrón, que desafian las teorías existentes. En el siglo xx, dos importantes avances marcan la diferencia, la teoría cuántica y la teoría de la relatividad de Albert Einstein, dando explicaciones de los descubrimientos que emergían en contraposición del paradigma clásico, de esta manera se genera un nuevo paradigma, que complementa y amplía la visión del investigador, pero que de ningún modo lo remplaza, sino que muchas veces coexisten, e inclusive se integran, para dar una explicación sistemática de la realidad, a esto lo llaman ciencias pluriparadigmáticas según Masterman Margaret (1975), a lo que es conveniente llamar paradigma sistemático de la ciencia o meta paradigma.

La postura paradigmática de Guba

Intelectuales como Egon Guba (1990: 18), añaden al debate sobre paradigmas, un postura filosófica, sustentada en tres preguntas básicas que pueden ser calificadas como preguntas ontológicas, epistemológicas y metodológicas, que son descritas a continuación, a.- Interrogante ontológica: ¿cuál es la naturaleza de

lo cognoscible? o, ¿cuál es la naturaleza de la realidad?; b.- Interrogante epistemológica: ¿cuál es la naturaleza de la relación entre el conociedor (el investigador) y lo conocido (o cognoscible)?; c.- Interrogante metodológica: ¿Cómo debe hacer el investigador para averiguar el conocimiento?.

Tomando en cuenta esta perspectiva, se puede decir que cuando una investigación se encuentra en su etapa inicial, es fundamental caracterizarla desde una visión sistémica y verificar la complejidad del objeto de estudio, tomando como premisa las interrogantes planteadas por Guba a fin de determinar la naturaleza del objeto de estudio, sus características, y sus componentes, en tal sentido, siguiendo los enunciados de Guba se analizaran a continuación las grandes corrientes paradigmáticas de la investigación científica.

Fundamentos de los paradigmas: positivistas, postpositivista, constructivista y sociocrítico.

En el desarrollo histórico de la ciencia, han sido numerosas las representaciones que el hombre ha utilizado en el afán de comprender los fenómenos ocurridos en la naturaleza a fin de lograr un verdadero conocimiento científico. Por ende, se han sistematizando los procesos científicos construidos de manera distinta en cada hecho o contexto histórico de la de la sociedad, como un interés de las comunidades científicas, esta clasificación de las diferentes perspectivas de la realidad posibilita la participación entre empíricos, filósofos, sociólogos, y de otros estudiosos de la ciencia, quienes han conseguido distintos modos de estructurar la forma de observar el mundo, de lo que hoy se conoce como paradigmas. Según Gil, González & Morales (2017: 76):

El término *paradigma* se deriva del griego “dáiknymi”, que literalmente significa modelo, tipo, ejemplo, patrón. Específicamente en las investigaciones educativas se utiliza para designar el enfoque o concepción adoptada por el investigador, influenciado por corrientes filosóficas, para solucionar determinados problemas, propios de su comunidad investigativa. Este enfoque o posición tiene carácter ontológico, determinado por la comprensión de la realidad que se investiga; epistemológico, expresado en la posición que se asume ante o investigado; y metodológico, dado por las vías, formas y procedimientos considerados en el estudio.

Desde la perspectiva kuhniana, se plantea que el sentido de un paradigma indica que “toda ciencia se desarrolla con base a un paradigma subjetivo que es la esencia misma de la ciencia, que sustenta los modos de ser y de pensar de la sociedad donde se desenvuelve esa misma ciencia” (Zidane Zeraoui, 2000: 29). El concepto de paradigma viene a ser un término común en el ámbito de la filosofía de la ciencia ya que intenta ofrecer una perspectiva general del panorama de su descubrimiento y del contexto de justificación, dando lugar a varias interpretaciones que pretenden dar cuenta de la complejidad de la actividad científica.

Para George Ritzer (2002: 612) un paradigma puede ser definido como

[U]na imagen básica del objeto de una ciencia. Sirve para definir lo que debe estudiarse, las preguntas que son necesario responder, cómo deben preguntarse y qué reglas es preciso seguir para interpretar las respuestas obtenidas. El paradigma es la unidad más general de consenso dentro de una ciencia y sirve para diferenciar una comunidad científica (o subcomunidad) de otra.

Presentadas estas apreciaciones serán brevemente discutidas algunas concepciones de los paradigmas: positivista, post-positivista, constructivista y de sociocrítico.

Paradigma positivista

El paradigma positivista, es designado además como paradigma cuantitativo, empírico-analítico, o racionalista, está fundamentado en la teoría positivista del conocimiento. Este paradigma asume una concepción de la realidad única, objetiva y tangible, que puede ser fragmentada en partes, para su estudio; es un paradigma que respalda el tipo de investigación que se propone como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos.

Este paradigma, ha liderado el pensamiento científico desde el siglo XIX gracias al gran impacto que demostró en el abordaje de las ciencias naturales, es por ello que se considera que el positivismo se inicia en las investigaciones de las ciencias físicas o naturales, en las ciencias exactas, nace como corriente filosófica de manos de Augusto Comte, aunque se especula que sus conceptos pueden aparecer en los postulados de Saint Simón. Es denominado filosofía positivista

por la relación que tuvo con la postura tomada frente al paradigma absolutista que la revolución francesa había sentenciado en oposición al negativismo.

En este paradigma, el saber científico se caracteriza por indicar que en la investigación nada es válido sin anteriormente ser cuantificado, baremado, expresado matemáticamente y con relación a una variable dependiente o independiente, esta corriente tiene como finalidad confirmar teorías y verificarlas para generar una teoría general que será aplicable a la mayoría de las situaciones (Gómez, 2013)

Para Alfredo González (2003) el paradigma positivista que también fue conocido como: “hipotético-deductivo, se usó primeramente en las ciencias naturales o fácticas posteriormente se permeó en las ciencias sociales sin tomar en cuenta las particulares de sus métodos, de igual manera ocurrió en las otras disciplinas como la educación, entre otras” (127).

En cuanto a los aspectos básicos de los paradigmas, desde la perspectiva ontológica se sostiene que la realidad existe afuera del ser humano, para el positivismo se piensa que el ser es extrínseco a la experiencia; “al grado de considerar que la experiencia es una parte del gran objeto, la realidad total entre sí, totalmente independiente de nuestra experiencia... La objetividad es para la ciencia el único sentido del ser” (Boburg, 1996: 24).

Con relación a la pregunta epistemológica, se refleja la idea de la independencia entre el investigador y el objeto de estudio, ya que se asevera que el conocimiento legítimo es el conocimiento científico, y que dicho conocimiento nace a través del método científico.

Por último, para responder la pregunta metodológica, este paradigma se vale de los métodos experimentales, su metodología hipotética deductiva logra la objetividad basada en la experiencia, la comprobación de la hipótesis se sustenta en el uso de metodologías estadísticas descriptivas e inferenciales.

Paradigma post-positivista (interpretativo)

Ante la limitante del paradigma positivista para investigar los fenómenos que contienen numerosas variables altamente subjetivas, donde el objeto de estudio es más complejo, en efecto, no es posible el objetivismo, lo estático, lo manipulable,

tampoco lo observable en todas sus dimensiones, no es fragmentable, ya que se perdería su característica sinérgica, mucho menos es convergente; este tipo de investigación no es posible abordarla desde el paradigma positivista, por lo que es necesaria la aplicación del paradigma post-positivista, también llamado paradigma interpretativo.

Cabe destacar, que este paradigma surge como una reacción a las críticas recibidas por el positivismo, no obstante conserva algunas de las características de este paradigma, algunos autores indican que a través de esta corriente sólo se puede comprender la realidad social de modo imperfecto y probabilísticamente. Se defiende la teoría de que este paradigma sólo alcanza a reproducir explicaciones medianamente objetivas del mundo, utiliza técnicas cualitativas para comprobar la validez de los hallazgos (Blaxter, Hughes y Tight, 2008).

El paradigma interpretativo viene a ser aquella corriente que: “valoriza la visión que sobre ellos mismos tienen los sujetos, los significados de los comportamientos implícitos y explícitos, se puede decir que este hereda la consideración de los primeros etnógrafos y la importancia dada a la empatía”. (Tójar, 2006: 62).

Con respecto a la pregunta ontológica su propuesta implica la consideración de que los sujetos sean tratados como tales, y no como objetos, “ontológicamente es insoslayable la condición humana del sujeto investigado, la proactividad de la persona, expresada en la elaboración de interpretaciones acerca de sí y su entorno, que le dan sentido a la experiencia, que le proveen de expectativas de nuevos acontecimientos y le orientan acerca de cómo conducirse (Catalán, 2010). En cuanto al punto de vista epistemológico, se propone la epistemología del sujeto conocido como una manera alternativa de conocer y se complementa con la epistemología del sujeto cognosciente la cual se centra en el sujeto que conoce, sin poder resaltar la distancia entre éste y el sujeto conocido.

Acerca de la perspectiva metodológica,

Los postpositivistas mantienen una definición realista del mundo, pero advirtiendo la dificultad de su comprensión, reclaman métodos más contrastados, más orientados a planteamientos émico y, por consiguiente, más cercanos a los métodos cualitativos de la captación subjetiva del significado... Se insiste en el multiplismo metodológico orientado más a la falsificación que a la verificación de las hipótesis (Guba y Lincoln en Ruiz José, 2012: 216).

Paradigma constructivista

En el paradigma constructivista, el propósito fundamental del investigador se enfoca en conocer la realidad, muchas veces para transformarla en beneficio de la humanidad, dicha intención inicia explorando el fenómeno, entendiendo sus características, las variables que interviene sobre ellas, caracterizando el problema y su entorno, comprendiendo la dinámica de su desarrollo, este diagnóstico construye un modelo teórico que permite explicar el sistema, y diseñar un método alternativo orientado a la solución de problemas existentes dentro del sistema real o a la optimización de los recursos.

Al respecto, como ejemplo importante, referente a la construcción de conocimientos se encuentra la inteligencia artificial cuya finalidad consiste en construir teorías y modelos que simulen la organización y funcionamiento del cerebro humano. La construcción de la inteligencia artificial está motivada por dos áreas de estudio, por un lado el cuerpo humano, un sistema autopoético y el ordenador electrónico, un sistema cerrado; como el objetivo es construir un software mediante el rediseño de la inteligencia humana, es necesario comprender el funcionamiento y las leyes que regula el sistema del cuerpo humano; fundamentalmente del cerebro, pero a pesar de todos los progresos de la neurología y psicología de la inteligencia del hombre se conoce poco del constructo inteligencia, exceptuando sus manifestaciones externas, es por ello necesario la construcción de modelos que permita simular los resultados de la inteligencia.

También es importante presentar como ejemplo, la construcción de los fundamentos de la teoría de juegos que fueron establecidos por John von Neumann en 1928, y presentados en el libro *Theory of games and economic behaviour*, que publicó junto a Oskar Morgenstern (1953), en esta obra, delimitaron el concepto de juego cooperativo de n personas y construyeron modelos relacionados con la solución del juego.

Muchas investigaciones han sido desarrolladas, producto de la construcción de ideas, conceptos, modelos y metodologías, inspirados en los sistemas reales. La posición teórica mediante el cual se fundamenta el paradigma constructivista está basado en el principio de que el conocimiento se edifica en base a métodos de interacción investigador y fenómeno de estudio.

En esta corriente paradigmática se postula que “la realidad existe en forma de constructos mentales múltiples, determinados por las personas y los grupos sociales que los adoptan” (Guba 1990 en Soler, 2006: 19), de esta manera conocer será igual a interactuar con una realidad cambiante a fin de interpretarla y crear nuevos constructos mentales, cada vez más complejos.

En lo que refiere a las preguntas básicas, la ontología del paradigma radica en que la investigación hallada ha sido creada, no descubierta, en la interacción producida entre el pensamiento del investigador y lo que ha sido creado *ex novo* (López, 2009: 44).

Para responder a la pregunta epistemológica, se puede situar al paradigma en la génesis de la modernidad, a la cual se denomina racionalista-idealista, se opone al positivismo lógico, puesto que considera la realidad de forma ideal como una construcción social del entendimiento. Por lo tanto, se cree que no hay leyes permanentes, en este caso el hombre es la medida de todas las cosas, de esta manera el conocimiento de la realidad se enfoca hacia algo que no está enteramente creado sino construido o negociado.

Y finalmente, para resolver la interrogante metodológica del paradigma constructivista es preciso conocer que esta surge de cada contexto social, por lo cual la verdad de cada investigador sería relativa, proveniente del consenso entre lo informado, lo comunitario y los constructores.

Paradigma socio-crítico

El paradigma socio crítico se origina para dar respuesta a los paradigmas positivistas e interpretativos, estudiando los fenómenos y orientándolos a la transformación social. En efecto, este paradigma se basa en la teoría crítica, y tiene como objetivo promover las transformaciones sociales, es decir, parte de un pensamiento social, holístico y plural, por ello es necesario entender el propósito y las características del objeto de estudio.

En este paradigma se introduce el elemento ideológico como visión esencial de sistematización en los procesos de conocimiento, por tanto el investigador hace valer su postura ideológica con la finalidad de generar trasformaciones sociales en los resultados de la investigación.

Así mismo, esta corriente paradigmática se enfoca en:

Conocer y comprender la realidad como práctica, uniendo el conocimiento, acción y valores, e introduciendo la autorreflexión como elemento básico de implicación investigadora. Considera que la investigación: “es una actividad contextualizada históricamente, en términos sociales (consecuencias sociales), morales (por cuanto aspira a una sociedad más justa), políticos (con posibilidad de acceso a una vida mejor) y problemáticos (incertidumbres del proceso educativo) (Santiago y Rodríguez, 2010: 100).

Al respecto, la dimensión ontológica de este paradigma, se explica postulando que la realidad es construida y holística, compartida, histórica y dialéctica, dicho de otra manera, la realidad es modelada por su contexto social, político, económico y cultural, y a su vez, esta influencia incide en las diferentes estructuras sociales que componen esta la realidad.

En cuanto a la dimensión epistemológica, la relación es mediada por el fuerte compromiso para el cambio, existe una marcada relación entre el investigador y la realidad investigada. Las situaciones que comprueban la investigación vienen a ser el mecanismo calificativo vigente en todo transcurso de la investigación. Para Ángel Pérez, (2003: 61) en el paradigma socio- crítico: “la producción de conocimiento se concibe como un proceso de construcción de nuevos significados y representaciones a partir del contraste de las interpretaciones que los diferentes sujetos participantes ofrecen de la situación que viven”. En lo que se refiere a la dimensión metodológica, esta es participativa, sociocrítica, orientada a la acción y se utilizan técnicas de enfoque dialéctico.

Visión sistémica de la investigación

Uno de los aspectos fundamentales del ámbito académico, en estos últimos tiempos, es la forma como se vienen estudiando los sistemas complejos, por ejemplo las ciencias sociales, los sistemas económicos, las organizaciones, etc. Sabemos que las ciencias sociales intentan estudiar sus objetivos de estudios a través de la interpretación, la comprensión, la descripción y la explicación, valiéndose de diversos enfoques, perspectivas, visiones del mundo o paradigmas.

Los sistemas complejos, como las ciencias sociales, muchas veces fueron incomprendidos por la ciencia formal, por lo que fueron apartados de las ciencias

fácticas como: la física, la biología y la filosofía. La exclusión de las ciencias humanas, según el paradigma positivista, se debe a la falta de herramientas, procedimientos y reglas, para explicar los elementos holísticos y complejos de los sistemas, y por su carácter reduccionista, determinístico, de causalidad lineal, por lo cual, estas características no le permiten abordar categóricamente los problemas sociales.

Como consecuencia de la creciente necesidad de enfrentar problemas en el ámbito social, en el cual emergen cambios continuamente, como por ejemplo: en las ciencias económicas, u en las organizaciones empresariales, entre otros sistemas de la sociedad, lo que ha obligado que en estas últimas décadas se planteen mecanismos de integración de paradigmas, y la reconceptualización de la forma de gestionarlos en el proceso de la investigación, no considerándolos antagónicos, por el contrario tratándolos como complementarios, ello exige investigar desde diferentes enfoques y paradigmas según corresponda las características de los objetos de estudio al respecto Ilia Prigogine (2004) precursor de la teoría del caos explica que

[...] aún estamos inmersos en el proceso de reconceptualización de la física y todavía no sabemos a dónde nos llevará. Pero sin duda se abre con él un nuevo capítulo del dialogo entre el hombre y la naturaleza. Y es significativo que éste se haya iniciado en un marco que, a partir de la explosión demográfica (y de otros procesos sociales, como el auge experimentado por las técnicas informáticas) nos llevará tarde o temprano al desmoronamiento de los conceptos a veces simplistas con los que se pretendía describir a las sociedades humanas (18).

El proceso de reconceptualización que consiste en una visión sistémica de los paradigmas de investigación se hace evidente, ya que a pesar del fraccionamiento del mundo impuesto por el paradigma positivista, se observa la necesidad de integrar, de estudiar los sistemas desde un enfoque holista, para ello es necesario formar una unidad integral que devenga en una ciencia global, o un meta paradigma.

En cuanto a la teoría de sistemas, la primera formulación, se le atribuye al biólogo Ludwig von Bertalanffy quien inventó el apelativo de Teoría General de Sistemas (TGS). Para Bertalanffy la TGS debería establecer como un mecanismo de unificación entre las ciencias naturales y las ciencias sociales, considerando un

sistema como un conjunto de elementos conectados que presentan cierto carácter de totalidad más o menos organizada (Buckley, 1973).

Geometría fractal, múltiples posibilidades

En la actualidad, se han generado diversos postulados científicos originados en las llamadas ciencias de la complejidad, tales como: la termodinámica del no equilibrio, la teoría del caos, la teoría de catástrofes, la geometría fractal, las lógicas no clásicas y las redes complejas, entre otras, con el devenir de nuevos paradigmas científicos, han encontrado un lugar en las ciencias y disciplinas de las ciencias sociales, por lo cual se puede aseverar que los enfoques de estudio de los sistemas complejos son interdisciplinarios y transdisciplinarios (Martínez, 2018: 206-207).

Veamos ahora, más específicamente el caso de la geometría fractal, la cual nace de la preocupación de Mandelbrot por desarrollar una nueva geometría de la naturaleza, este explica que el término se origina de: “dos neologismos sinónimos, «objeto fractal» y «fractal», términos que he inventado, para las necesidades de este libro, a partir del adjetivo latino *fractus*, que significa «interrumpido o irregular»” (Mandelbrot, 1987: s/p).

Para este autor la geometría fractal permite:” describir muchas de las formas irregulares y fragmentadas que nos rodean, dando lugar a teorías hechas y derechos” (Mandelbrot, 1997: 15). Un fractal es por definición, un conjunto cuya dimensión de Hausdorff-Besicovitch es estrictamente mayor que su dimensión topológica (Mandelbrot, 1997: 32).

En la geometría fractal, epistemológicamente la búsqueda del conocimiento se entrelaza estudiando del todo a las partes y viceversa, de una manera holística, plantea que los sistemas no evolucionan de manera continua, el todo está compuesto de infinitas iteraciones, y una pequeña perturbación puede ocasionar repentinamente cambios explosivos dentro del sistema. Esta corriente persigue estudiar: “los aspectos geométricos que son invariantes con el cambio de escala... Ofrece un modelo alternativo que busca una regularidad en las relaciones entre un objeto y sus partes a diferentes escalas” (Fernández, 2018: 50). Al estudiar los fractales se descubrió; en primer lugar que “tiene la capacidad de vencer su propia dimensión, mediante convolución o fraccionamiento, ocupando un espacio de dimensión superior” (Fernández, 2018: 51). En segundo lugar está

“la autosimilitud, caracterizada por la presencia de simetrías invariantes bajo contracción o expansión (invarianza bajo escala) (Fernández, 2018: 51). Existen muchos ejemplos de morfología fractal en el ambiente: las neuronas, el tubo digestivo y sus pliegues, la superficie alveolar, el árbol bronquial, la vascularización, los árboles, las costas, etc.

La geometría fractal ofrece a la visión lineal de causa y efecto otra perspectiva, en la cual:

Un cambio pequeño en una condición inicial de un sistema pueda generar grandes consecuencias en la evolución del mismo, ha permitido el surgimiento tanto de modelos teóricos y conceptuales en el estudio de diversos fenómenos, como de modelos matemáticos y computacionales que han ayudado a abordar el comportamiento de dichos fenómenos (Martínez, 2018: 213).

Un ejemplo de la aplicación de los fractales, lo presentan los autores: Monferrer, Lorenzo y Cabedo (2014), los cuales en su investigación se plantearon como objetivos: Estudiar elementos aislados que sean competencias de tres asignaturas de la Licenciatura en Educación Temprana, Educación infantil, en la Universidad Jaume I de Castellón: Didáctica de las Ciencias Naturales, Música y Didáctica de las matemáticas, Desarrollar estrategias que puedan convertirse en un modelo de actividades interdisciplinarias con fines educativos, Describir modelos de aprendizaje basado en proyectos en el aula, Mejorar las habilidades profesionales de futuros maestros de escuela, Promover el pensamiento crítico sobre la educación infantil tradicional y actual en España, dichos autores han demostrado como se pueden emplear los fractales para estudiar en biología y matemáticas, además han detectado su uso en composiciones musicales. “El análisis de los retratos de fase para varias piezas musicales compuestas durante un amplio período de tiempo desde 1700 hasta 1950 muestra que las piezas musicales son fractales” (3827). Teniendo todo esto en cuenta, la experiencia que aquí se ha diseñado podría ser un posible ejemplo del uso de la interdisciplinariedad en la educación superior.

Además, las experiencias vividas en el aprendizaje basado en proyectos pueden llevar a los alumnos a reflexionar sobre su propia formación, la educación que habían recibido anteriormente y los modelos de enseñanza escolar que les gustaría defender y llevar a cabo en su futura actividad profesional.

De igual manera, la termodinámica y el análisis fractal, se han utilizado para evaluar las formas desde una visión centrada en la distribución de la circulación dentro de los volúmenes arquitectónicos. “La arquitectura, cuando se combina con la ciencia sin perder su dimensión artística y creativa, ofrece un gran potencial y puede responder adecuadamente a las limitaciones de la «sostenibilidad» que regenera su dimensión icónica” (Mavromatidis, 2018: 60).

Así mismo, la geometría fractal se ha usado en investigaciones sobre el cáncer, Bizzarri, et al. (2011), tomando en consideración que la forma de la célula representa una configuración geométrica espacial adquirida como resultado del conjunto integrado de señales celulares y ambientales, han afirmado que los parámetros de forma fractal representan descriptores ómicos del sistema de epitelio-estroma. Dentro de este marco, la función parece seguir la forma, y no al revés, además indican que:

[U]n número creciente de resultados experimentales sugiere que el cáncer puede revertirse por factores morfogenéticos tanto físicos como químicos que pertenecen a diferentes campos morfogenéticos embrionarios.... La modificación de los parámetros fractales resalta un cambio paralelo en las restricciones termodinámicas. Por lo tanto, es lógico pensar que dichas modificaciones podrían ir seguidas de cambios notables en los patrones de proliferación celular, el metabolismo y el comportamiento diferenciador de los tejidos (9).

La geometría fractal ofrece importantes herramientas al campo de la medicina, trabajos como los de Li et al. (2018), asumen que los sistemas fisiológicos saludables exhiben regulación fractal (FR), generando patrones de fluctuación similares en los resultados fisiológicos en diferentes escalas de tiempo. La regulación fractal en la actividad motora se degrada en la demencia, y la degradación se correlaciona con el deterioro cognitivo, el propósito del estudio consistió en probar que la regulación fractal degradada predice la demencia de Alzheimer. Los resultados demostraron que la regulación fractal (FR) degradada predijo un declive cognitivo más rápido, por lo tanto se puede predecir el riesgo de demencia de Alzheimer.

De igual manera, se han utilizados los métodos de la fractales para estudiar el sistema respiratorio. En la revisión realizada por Thamrin, Stern y Frey (2010) se proporciona una descripción general de los fractales, las técnicas disponibles para describir los fractales en datos fisiológicos, y algunas razones por las que

un médico podría beneficiarse de una comprensión de los fractales y el análisis fractal, con un énfasis en la medicina respiratoria pediátrica, al respecto: “la relación entre las alteraciones a las propiedades fractales y la capacidad de adaptarse a los estímulos ambientales abre el potencial para la capacidad de predecir los resultados del paciente y ofrecer objetivos para el tratamiento y la intervención” (Thamrin, Stern & Frey 2010: 129).

Así mismo, se ha confirmado que la geometría fractal, se puede aplicar tanto en “objetos naturales, incluyendo las galaxias y las partículas subatómicas, como en los objetos ideales” (Mandelbrot citado por Sanguino 2016: 272). Una muestra de su empleo en las ciencias sociales la ofrece Sanguino (2016), cuando indica que “la geometría fractal tiene la potencialidad de ofertar a los filósofos de la historia y a los historiadores una alternativa distinta a la milenaria dicotomía entre las concepciones cílicas y lineales de la historia” (273).

Para culminar, se puede decir que la geometría fractal ha calado en las ciencias naturales, las ciencias sociales y ha trascendido al ser incluida en la filosofía hermética, ya que hay autores que indican que todo en el universo es un fractal y cada fragmento es una réplica de la parte mayor de la que se divide, por ende, desde la materia se puede conocer mundos superiores. Y en consecuencia, lo que generamos hacia afuera es también una réplica de lo que está dentro, esta afirmación es parte de la ley de correspondencia, una de las siete leyes o principios herméticos.

Conclusiones

La ciencia se ha perfeccionado con la evolución de los diferentes paradigmas de la investigación, dependiendo fundamentalmente de la naturaleza y de las características de los objetos de estudio, ello configuró un modelo mental que se relacionó a un paradigma de investigación con lo cual se ha pretendido explicar la realidad compleja.

En tal sentido, toda investigación lleva implícita o ha expresado explícitamente un paradigma, que le permite conocer y estudiar el objeto desde distintas perspectivas en coherencia con el paradigma elegido, para Kuhn los paradigmas irán evolucionando y adaptándose según las necesidades del entorno, muchos paradigmas han cambiado perdiendo su esencia, otros conservaron sus principios básicos, dependiendo a su vez de la postura que asuman los investigadores.

En cuanto a lo propuesto por Guba, cada paradigma presenta tres dimensiones: la dimensión ontológica, la epistemológica y la metodológica, las respuestas a estas interrogantes deben estar enfocadas fundamentalmente sobre el objeto de estudio, su naturaleza, y el contexto donde se desarrolla. Consideramos que el objeto de estudio es determinante para adoptar un paradigma, en otras palabras, al realizar una investigación se deben tomar en cuenta las características del mismo, para así poder definir el paradigma que se sustente epistemológicamente la investigación, ya que de acuerdo a esta postura los paradigmas no son generalizables a todos los contextos, objetos de estudio, espacios o dimensiones.

Para finalizar el estudio, se concluye que la tendencia actual sugiere aproximarse a la investigación desde una visión holística, un ejemplo de ello se presenta al incluir el enfoque de la geometría fractal, la cual se orienta en determinar los elementos que intervienen y caracterizan su respectiva dimensión, luego cada elemento debe ser estudiado con las reglas y procedimientos de su dimensión, para finalmente obtener un conocimiento completo y holístico, este mismo hecho, ocurre con los paradigmas de la investigación científica, los cuales se complementan con el propósito de tener un conocimiento global de un sistema complejo.

En tal sentido Torres (2006: 67) argumenta que “urgen trabajos enfocados al análisis y comprensión de las relaciones entre ellas; de la interdependencia entre las partes surgen, normalmente, nuevas propiedades que antes no poseían esas partes consideradas de manera aislada”, estas explicaciones comprueban la importancia del escrito presentado en cuanto a la vigencia e importancia de su propuesta.

En relación a este señalamiento y para concluir el resultado importante citar a Naranjo (2007: 193), quién manifiesta de una manera muy explícita su postura sobre el nuevo cambio paradigmático, en el que sustentamos este artículo:

Podemos llamarlo “holismo” o “integralismo”: un enfoque centrado en el todo. Esta es la perspectiva que subyace a inspiraciones tan diversas como la teoría general de sistemas, el enfoque sistémico de la ciencia de la administración y la gestión de empresas, el estructuralismo, y la psicología de la forma. La característica más llamativa de nuestra época es una nueva manera de concebir las estructuras, la organización, la interrelación de las partes en un todo. La vida y el universo se nos presentan hoy en día como metaestructuras evolutivas.

En consecuencia, el llamado que se realiza con la inclusión de una visión más holística en la investigación pretende encaminar a los investigadores a ir más allá, a llevar sus estudios a otro nivel, a trascender, a dejar de lado las posturas rígidas y abogar por una cosmovisión globalizadora, en la que se integren: las disciplinas, la visión de otredad, y la perspectiva fractal.

Bibliografía

- BEUCHOT, M. (1999). *Perfiles esenciales de la hermenéutica*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- BIZZARRI, M., Giuliani, A., Cucina, A., Anselmi, F. D. Soto, A., M. & Sonnenschein, C. (2011). Fractal analysis in a Systems Biology approach to cancer. *Semin Cancer Biol.* 21(3): 175–182. doi:10.1016/j.semancer.2011.04.002.
- BLAXTER, L., HUGHES C. Y TIGHT M. (2008). *Cómo se investiga*. España: Graó.
- BOBURG, F. (1996). *Encarnación y fenómeno*. México: Universidad Iberoamericana.
- BUCKLEY, W. (1973). *La Sociología y la Teoría Moderna de los Sistemas*. Buenos Aires: Amorrortu.
- CATALÁN, A., J. (2010). *Teorías subjetivas aspectos teóricos y prácticos*. Chile: Universidad de la Serena.
- DAUBECHIES, I., KLEPPNER, D., MALLAT, S. & MEYER Y. (2001). *Wavelets: ver el bosque y los árboles. (Beyond National Academy of Sciences)*. Disponible en: http://www7.nationalacademies.org/spanishbeyonddiscovery/Wavelets_%20ver%20el%20bosque%20y%20los%20%20%C3%A1rboles.html.
- FERNÁNDEZ, L. (2018). “La geometría para la vida y su enseñanza”, *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 6, 2,34-63, 34-63.
- GADAMER, H.-G. (1993). *Verdad y método*. Salamanca: Ediciones Sígueme.
- GIL, A., LEÓN, J., GONZÁLEZ, J. & MORALES CRUZ, M. (2017). “Los paradigmas de investigación educativa, desde una perspectiva crítica”. *Revista Conrado*, 13(58), 72-74.
- GÓMEZ, B. (2013). *Un modelo de evaluación (autorregulación) para centros docentes*. Madrid: Visión libros.
- GONZÁLEZ, J. (2015). *Series y transformada de Fourier para señales continuas y discretas en el tiempo. Algoritmos para el desarrollo de ejercicios prácticos*. España: Omnia Science.
- GONZÁLEZ, A. (2003). “Los Paradigmas de Investigación en las Ciencias Sociales”. *Islas*, 45, 138, 125-135.

- GUBA, E. G. (1990). *The Paradigm Dialog*. California: Sage Publications.
- KUHN, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- LÓPEZ, E. (2009). *El paradigma de la educación continua. Reto del siglo XXI*. Madrid: Ediciones Narcea.
- MANDELBROT, B. (1997) *La geometría fractal de la naturaleza*. Barcelona: Tusquets.
- (1987). *Los objetos fractales. Forma, azar y dimensión*. Barcelona: Tusquets.
- MANEN MAX, V. (2003). *Investigación Educativa y Experiencia Vivida. Ciencia humana para una pedagogía de la acción y la sensibilidad*. Barcelona: Idea Books, S.A. Disponible en:<https://es.scribd.com/document/72727700/Max-Van-Manen-Experiencia-Vivida>. (Consulta: 2017, octubre 01)
- MARTÍNEZ, M., C. (2018). Teoría del caos y estrategia empresarial. *Revista Tendencias*. XIX. 1 – 1. 204-214.
- MASTERMAN, M. (1975). *La Naturaleza de los Paradigmas*. En: I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *La Crítica y el Desarrollo del Conocimiento*. Barcelona: Grijalbo.
- MAVRAMATIDIS, L. (2018). Coupling architectural synthesis to applied thermal engineering, constructal thermodynamics and fractal analysis: an original pedagogic method to incorporate “sustainability” into architectural education during the initial conceptual stages. *Sustainable Cities and Society*. 39. doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.015.
- MONFERRER, S., L., LORENZO, V., G. Y CABEDO, M., A. (2014). An Educational Proposal on Interdisciplinary Education: The Fractal Geometry in Mathematics, Music and Biology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116. 3825 – 3829. doi:10.1016/j.sbspro.2014.01.849.
- NARANJO, C. (2007). *Cambiar la educación para cambiar el mundo*. Chile: Cuarto Propio.
- LI, P., YU, L., LIM, A., S., P., BUCHMAN, A., S., SCHEER F., A., J., L., SHEA, S., A., SCHNEIDER, J., A., BENNETT, D., A., Hu, K. (2018). Fractal regulation and incident Alzheimer’s disease in elderly individuals. *Alzheimer’s & Dementia* 14, 1114-1125. doi.org/10.1016/j.jalz.2018.03.010.
- PÉREZ, G. A. (2003). *La cultura escolar en la sociedad neoliberal*. México: Morata.
- PRIGOGINE, I. (2004). *Tan sólo una ilusión. Una exploración del caos al orden*. Barcelona: Tusquets.
- RICOEUR, P. (1999). *Historia y narratividad*. España: Ediciones Paidós.

- RITZER, G. (2002). *Teoría sociológica moderna* México: McGraw Hill.
- RUIZ, A. (1999). *Geometrías no euclidianas. Breve historia de una gran revolución intelectual*. Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- RUIZ, J. I. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- SANTIAGO, M. Y RODRÍGUEZ, M. J. (coord.) (2010). *Investigación y evaluación educativa en la sociedad del conocimiento*. Salamanca: Ediciones universidad de Salamanca.
- SOLER, E. (2006). *Constructivismo innovación y enseñanza efectiva*. Venezuela: Equinoccio.
- SMOGORZHEVSKI, A. S. (1978). *Acerca de la geometría de Lobachevski*. Moscú: MIR.
- STRAUSS, A. & CORBIN, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- THAMRIN, C., STERN, G. & FREY, U. (2010). Fractals for physicians. *Paediatric Respiratory Reviews* 11 (2010), 123–131. doi:10.1016/j.prrv.2010.02.001
- TÓJAR, J. C. (2006). *Investigación cualitativa comprender y actor*. Madrid: La Muralla.
- TORRES, J. (2006). *Globalización e interdisciplinariedad: el currículum integrado*. Madrid: Morata.
- VON NEUMANN, J. & MORGENSEN O. (1953). *Theory of games and economic behavior*. Estados Unidos: Princeton University Press.
- ZIDANE, Z. (comp.) (2000). *Modernidad y posmodernidad. La crisis de los paradigmas y valores*. México: Limusa.

Recibido: 28/05/2019

Aceptado: 31/07/2019

Este trabajo se encuentra bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0

