



SE

Sección Humanística

Una aproximación a la complejidad

CÉSAR AUGUSTO POSADA TIQUE¹

Resumen

La complejidad es una situación que se presenta en cada una de las etapas históricas de la ciencia. Es un término que está vinculado con la dificultad que tiene el observador para interpretar un sistema dado. Estos sistemas pueden ser clasificados dependiendo de las herramientas con las cuales se abordan o del grado y nivel de información necesaria para describir un sistema. La ciencia es un sistema de teorías que intenta interpretar sistemas dados en el universo; la dificultad de su interpretación radica en la necesidad de integrar los conocimientos obtenidos por separado y reunirlos para conformar un conjunto de teorías comprensible sobre los sistemas del universo. El debate entre Pascal y Descartes continúa y en medio de ellos se encuentra todo un universo por descubrir.

Abstract

An approximation to complexity. Complexity is a situation that is present in every historical period of sciences. It is a term which is linked to the difficulty that an observer has to interpret a given system. Such system might be classified according to the tools to approach them, or to the degree and level of needed information to describe the system. Science is a system of theories which attempts to interpret the systems of the universe, the difficulty of the interpretation underpins the requirement to integrate the separately obtained knowledge and assembling it in order to build a comprehensive group of theories about the systems of the universe. The debate between Pascal and Descartes continues and in the middle it is a whole universe to be discovered.

¹ Zootecnista Universidad Nacional de Colombia. Aspirante al título de Especialista en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales. Universidad Militar "Nueva Granada".

INTRODUCCIÓN

Este ensayo intenta abordar el problema de la complejidad como una situación que asalta permanentemente al investigador de cualquier disciplina. La complejidad significa confusión, insuficiencia de herramientas para la interpretación de un sistema, pero también significa oportunidad, creación, exploración, novedad y aventura. El universo nos asalta permanentemente con sorprendentes hechos que la ciencia intenta interpretar. Este documento se propone como un intento de abordar las teorías que se tejen alrededor de la complejidad y representa el primer eslabón o capítulo de la monografía titulada "Aportes de la propuesta de Edgar Morin de un pensamiento complejo para la comprensión de la problemática medio ambiental de comienzos de siglo XXI" elaborada para aspirar al título de especialista en planeación ambiental. Teorías como la de los sistemas, de la información, la cibernética y la autoorganización se proponen en la actualidad como herramientas necesarias para interpretar los sistemas del universo.

La complejidad es un término que aún no tiene una definición clara y lo relacionamos con aquello que nos resulta difícil de explicar. Muchos autores han abordado el tema de la complejidad desde diferentes disciplinas y en diferente tiempo. En la actualidad, el debate entre las diferentes escuelas del pensamiento no ha terminado, así que los nuevos avances que se logren en estos tiempos serán resultado de difíciles caminos y fuertes discusiones. Autores como Cornelius Castoriadis desde la filosofía plantean que la complejidad sigue siendo resultado del determinismo de la ciencia y que pretende ocultar la condición ontológica

del ser, de la creación en el ser. La razón de la complejidad está en su siguiente descripción:

"se encuentra, ..., en aquello que los fenómenos (u objetos) considerados como "complejos" son como tales en la medida en que resaltan una característica más profunda y más general de todo objeto, y del ser en general: su carácter magmático. Diremos que un objeto es magmático cuando no es exhaustiva y sistemáticamente ensidizable; dicho de otra manera, reducible a elementos y a relaciones que resaltan exclusivamente y de forma homogénea la lógica ensídica (conjuntista-identitaria)".

De otra parte, están los autores que influidos por otras escuelas y diferentes disciplinas de la ciencia como la física, la biología y sobre todo por los resultados logrados en nuevas disciplinas científicas como la de sistemas, de la información y de la cibernética, aportan recursos valiosos para tratar de encontrar aproximaciones a la complejidad. Entre estos autores encontramos a Edgar Morin quien menciona que, *"se puede decir que hay complejidad donde quiera que se produzca un enmarañamiento de acciones, de interacciones, de retroacciones..."*³ dando a entender que la complejidad tiene que ver con los elementos de un todo y las diferentes relaciones que pueden existir entre ellos. Participa aquí la intención del observador por descubrir estas interacciones. Continúa Morin diciendo que:

"hay otra complejidad que proviene de la existencia de los fenómenos aleatorios (que no se pueden determinar y que, empíricamente, agregan incerti-

² CASTORIADIS, Cornelius. Ontología de la creación. Ensayo y Error. Bogotá. 1997. Pág. 113.

³ MORIN, Edgar. Epistemología de la complejidad. En: SCHNITMAN, Dora Fried. Nuevos Paradigmas, Cultura y Subjetividad. Editorial Paidós. 1994. Pág. 421.

dumbre al pensamiento). Se puede decir, en lo concerniente a la complejidad, que hay un polo empírico y un polo lógico y que la complejidad aparece cuando hay a la vez dificultades empíricas y dificultades lógicas”⁴.

Estas situaciones se abordan más adelante con la ayuda de un documento titulado “the many faces of complexity” de George J. Klir, quien afronta los problemas surgidos a partir de la desaparición del objeto de estudio que es transformado en sistema de datos, en listado de variables. Sin tener que detenernos en hacer un listado de los diferentes autores y sus diferentes ideas de la complejidad y sin introducirnos en discusiones sobre quienes tienen la razón ni hacia dónde conduce la idea de la complejidad, por razones de espacio y que el lugar para hacerlo debe ser un foro de expertos, se intentará hacer una aproximación a la complejidad en términos bien sencillos.

La palabra complejidad la relacionamos con aquello que nos resulta inexplicable, intrincado, de difícil definición en pocas palabras para el pensamiento. Cuando un problema se torna complejo estamos ante una insuficiencia de herramientas y elementos para abordarlo, para definirlo, y darle solución. Es un término que en sí mismo es difícil de explicar. Si se recurre a un diccionario común y corriente, por ejemplo, encontraremos que el término complejidad es “*calidad de complejo*” y el término complejo es definido como sigue:

“se dice de lo formado por varias partes o elementos; intrincado, complicado; se dice del número resultante de uno real y otro imaginario; conjunto de dos o

más cosas; conjunto de instalaciones industriales o deportivas que constituyen una cierta unidad”⁵.

Esta definición trata de abarcar todas aquellas cosas del mundo real y abstracto, las existentes en la naturaleza y hechas por el hombre o aquellas que son resultado de la ciencia y el arte. El grado de complejidad está relacionado con el número de partes que conforman un todo, la forma en que están interrelacionadas y por último, una parte subjetiva: la capacidad o habilidad para entender un objeto en cuestión.

El sentido común caracteriza a la complejidad como aquella dificultad que surge en el hombre para entender un objeto que puede estar conformado por muchas partes que interactúan entre sí de muchas formas. Este tipo de complejidad surge de los medios, métodos, herramientas o teorías de que dispone un hombre para entender o definir un objeto. Es decir, surge de la forma en que este hombre interactúa con su objeto de estudio. La interacción con tal objeto nunca es completa puesto que, primero pueden existir infinitas formas de interactuar con un objeto, segundo no todos los atributos de un objeto son fácilmente distinguibles por parte del observador y tercero a este observador sólo le interesan aquellos atributos que sirven a sus intereses. Adicionalmente, los pocos atributos que es capaz de identificar el observador los distingue como imágenes abstractas que obtiene por procedimientos de medición; estas abstracciones son llamadas variables. Como resultado de la interacción, el objeto de estudio se fracciona en un conjunto de variables que llamamos sistema de variables. Ross Ashby citado por George J. Klir establece claramente esta diferencia con su ejemplo del péndulo:

⁴ Ibid., p 421

⁵ Diccionario Enciclopédico Ilustrado. Impreso en Colombia. Grupo Editorial Norma. 1994

“debemos tener claro lo que como sistema tenemos definido. Nuestro primer impulso es tomar el péndulo y decir “el sistema es ese objeto”. Este método, no obstante, tiene una desventaja fundamental: incluye todos los objetos materiales, menos aquellos que tienen infinidad de variables y todos aquellos sistemas posibles. El péndulo real, por ejemplo, no sólo tiene espacio y posición; tiene además masa, temperatura, conductividad eléctrica, estructura cristalina, impurezas químicas, alguna radioactividad, velocidad, poder reflectivo, fuerza de tensión, una capa superficial de humedad, contaminación bacteriana, una absorción óptica, elasticidad, forma, gravedad específica y otras tantas cosas. Sugerir que estudiaríamos “todos” los aspectos es irreal y en la actualidad el intento nunca se hace. Aquellas variables que no nos son necesarias las eliminamos y en cambio estudiamos aquellos factores que nos son relevantes, algunas de estas importantes las que están dadas con anterioridad... El sistema de alguna forma no es un objeto, es una lista de variables”⁶

George J. Klir aplica y reconoce el término “complejo” dentro de los sistemas, por el grado de dificultad de describir un sistema, *“el grado de complejidad puede medirse por la cantidad de información requerida para describir un sistema crítico”⁷*.

De este modo identifica varios “niveles” de sistemas que aumentan en complejidad de acuerdo con dos principios:

De acuerdo con el primer principio general de los sistemas complejos, el grado de complejidad es proporcional

a la cantidad de información requerida para describir un sistema. El número de variables involucradas en la descripción de un sistema y de la diversidad de interdependencia entre éstas, nos da una idea del grado de complejidad de este sistema. Nuestra habilidad para entender un sistema está en reducir el número de variables involucradas o la cantidad de interacciones presentes. De acuerdo con segundo principio general de los sistemas complejos, el grado de complejidad es proporcional a la cantidad de información necesaria para resolver la incertidumbre asociada a un sistema estudiado.

Los niveles de sistemas son en su orden de complejidad: los sistemas de datos, los sistemas generativos, los sistemas estructurales, metasistemas y metasistemas de segundo orden. Lo interesante de esta clasificación epistemológica de la complejidad de los sistemas desarrollada por George J. Klir es que parte desde la identificación de las variables que son inherentes a sistemas simples hasta la identificación de las variables de los sistemas muy complejos.

El problema de abordar cualquiera de los niveles de complejidad de los sistemas es que para poder comprenderlos es necesario simplificarlos y en esta simplificación consistió el éxito de Newton:

“cuando nosotros simplificamos un sistema, buscamos reducir tanto la complejidad basada en la información descriptiva como la complejidad basada en la certeza de la información. Infortunadamente estas dos complejidades rivalizan entre sí. En general cuando reducimos una, la otra se incrementa”⁸.

⁶ W. R. Ashby, Introduction to cybernetics (Methuen, New York, 1964), citado por: GEORGE J. Klir. The many faces of complexity. In: the Science and praxis of complexity. Contributions to the symposium held at Montpellier, France, 9 – 11 may 1994. the United Nations University, 1985. Pág. 82.

⁷ Ibid., p. 83.

⁸ Ibid., p. 88.

Otra forma de entender o comprender la complejidad está relacionada con el tipo de tratamiento matemático que exige un sistema para ser tratado. Estos rangos de complejidad fueron formulados por Warren Weaver⁹. Presentan una clasificación parecida a la de los niveles epistemológicos de la complejidad de los sistemas pero es más sencilla que la propuesta por el señor George J. Klir:

- **Simplicidad organizada**, representada por aquellos sistemas que son modelados de acuerdo con algunos fenómenos reales y, sin embargo, consisten en un muy reducido número de variables (generalmente dos o tres) **dependientes entre sí de un modo altamente determinístico, es decir**, se conocen las leyes bajo las cuales sucede este sistema. El tratamiento de estos sistemas es matemático analítico, generalmente **mediante formulación de ecuaciones y cálculos**. Los mejores exponentes de este tipo de sistemas se encuentran en la **mecánica newtoniana**.
- **Complejidad desorganizada**, es el opuesto de la anterior, la representan sistemas con un número de variables considerablemente alto al igual que una altísima aleatoriedad.
- **Complejidad organizada**, es la conformada por los sistemas que se encuentran en un rango intermedio entre estas dos; representantes de este tipo de complejidad son los sistemas humanos, sociales y los fenómenos dados en el plano de lo ecológico y medio ambiental entre otros.

El tratamiento aplicado a cada uno de ellos es lo que los diferencia. Al primero, simplicidad organizada,

se le da un tratamiento matemático expresado en fórmulas logarítmicas y de ecuaciones que representan fenómenos dados en la mecánica simple. Newton es el principal exponente de este tipo de tratamiento. Este tratamiento matemático ha sido aplicado con frecuencia en los experimentos logrados en laboratorio en donde se controlan las condiciones de los organismos vivos.

El segundo de ellos, la complejidad desorganizada tiene un tratamiento representado en las formulaciones de tipo estadístico y el tratamiento de la aleatoriedad de estos fenómenos está representado por una interpretación dada dentro del manejo de las probabilidades. Ejemplo de esto se observa en el movimiento de los gases y de partículas o de poblaciones grandes.

El tercero de ellos, la complejidad organizada es el espacio en donde aún no se tienen métodos de evaluación e interpretación para abordar tales sistemas. La solución que se da para tratarlos es aplicar métodos de evaluación que se emplean en la simplicidad organizada, lo cual significa que es necesario simplificar los problemas o sistemas por tratar; no se pueden explicar por estos métodos fenómenos dados en lo social o el medio ambiente. El caso contrario consiste en aplicar tratamiento con métodos de complejidad desorganizada los cuales no son los indicados para entender y tratar las situaciones presentes en este tipo de sistemas.

Las soluciones se pueden estar presentando con la aparición de nuevas teorías como la que se proponen para abordar la complejidad, tales como la Autopoiesis (Maturana, Varela); las ciencias del caos (Feigenbaum, May, Ruelle, Lorenz); catástrofes (Thom); constructivismos (Von Foerster, Von Glasserfeld);

⁹ Weaver, Warren, Citado por GEORGE J. Klir. Op. cit., p. 89.

ecología humana y de la mente (Guattari, Bateson); fractales (Mandelbrot); hiperespacio (Michio); lógica borrosa (Kosko, Zadeh); orden implicado (Bohm); pensamiento complejo (Morin); resonancia mórfica (Sheldrake); rizomas (Deleuze); sinérgica (Haken); sistemas complejos (Bak, Chaitin, Gell-Man, Kauffman, Wolfram, Zurek); teorías de los sistemas, de la información y de la cibernética (Ashby, Bertalanffi, Shannon, Von Newman, Wiener); termodinámica de los procesos irreversibles (Prigogine), y de las nuevas tecnologías como las satelitales, los sistemas de información geográfica, el desarrollo de la capacidad de los computadores actuales, entre otras. Estos avances nos permitirían lograr desarrollos en la comprensión de los sistemas de la complejidad organizada. Obviamente reconocemos que tenemos limitaciones físicas y metodológicas para abordar estos sistemas y entender los problemas en ellos presentes. Hasta aquí sólo se ha tratado un tipo de complejidad que está relacionada con los sistemas; existe también la complejidad proveniente de la información que es generadora de incertidumbre, ambigüedades, certezas dualidades y complementariedades. Es el caso de las relaciones dialógicas que se establecen en términos que recientemente se han visto como contradictorios pero que además son complementarios.

Existe también la complejidad proveniente de la cibernética como una disciplina reciente que involucra fenómenos de acción y respuesta, pero más allá de esta simple relación se observan relaciones más complejas en donde se encuentran correlaciones e interacciones entre las partes y entre éstas y el todo; fenómenos como estos se pueden encontrar en la formación de ciudada-

nos por parte de una cultura que es formada al mismo tiempo por los ciudadanos que tal cultura ha formado.

Sin embargo, hay un tipo de complejidad que Edgar Morin llama de polo lógico que es la originada en el pensamiento humano, el cual ha sido construido por la ciencia, única herramienta por medio de la cual podemos comprender el universo, su funcionamiento y los problemas que identificamos. La historia de la ciencia no se presenta en este documento, pues no es el objetivo de este estudio, pero la sistematización de ésta ha conducido a la compartimentación de los conocimientos en diferentes áreas. Tamayo y Tamayo presenta una definición de la ciencia y la clasificación de esta desarrollada por varios autores, en diferentes momentos históricos. Este autor define a la ciencia como *“aquel conjunto de conocimientos racionales, ciertos y probables, obtenidos metódicamente, mediante la sistematización y la verificación y que hacen referencia a objetos de una misma naturaleza”*¹⁰.

Esta definición reúne las características del conocimiento alcanzado por el ejercicio y aplicación del método científico, la forma en que están clasificados y supone la existencia de un objeto de estudio claramente definido e identificado por una disciplina en particular. Observando las diferentes formas de clasificación de la ciencia, se puede notar que el esquema de Barragán presenta una definición sencilla y clara de lo que podemos definir como ciencia: *“un cuerpo de conocimientos organizados con objetos ampliados de lo real en el que se indican pautas generales de los fenómenos de la realidad”*¹¹.

¹⁰ TAMAYO Y TAMAYO, Mario. Diccionario de la investigación. Editorial Limusa. Segunda Edición. México 1988. Pág. 65.

¹¹ BARRAGÁN, H. Citado por: TAMAYO Y TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa. Cuarta edición. Bogotá, 2002. pág. 17.

Esta definición presentada de manera vertical es complementada con una definición de lectura horizontal que aporta algunas características y actividades dadas en el ejercicio de elaborar conocimiento científico. Así la definición de ciencia quedaría como sigue:

“es un cuerpo de unidad coherente, interrelacionado de conocimientos racionales de conceptos, juicios y raciocinios organizados y sistematizados con objetivos contrastables con lo real, ampliados que se renuevan continuamente de lo real, de la naturaleza y hechos sociales en el que se indican y precisan las pautas generales, las leyes de los fenómenos naturales y sociales de lo real”¹².

Es una definición algo extensa pero que intenta resumir y presentar en un cuadro, una definición de ciencia, una serie de características, actividades y objetivos del ejercicio científico.

Cualquier definición de la ciencia conduce al problema de los objetos de estudio en los diferentes campos de la ciencia, al fraccionamiento de la realidad en compartimentos definidos. La identificación de estos objetos ha dado origen a la división y clasificación sistematizada de la ciencia en una serie de disciplinas científicas, sustentadas en principios lógicamente fundamentados. No obstante esta división, dentro de la ciencia existen relaciones y conexiones entre las diferentes disciplinas. De acuerdo con su naturaleza o afinidad éstas pueden ser evidentes, difusas, borrosas, claras o definidas.

En la división disciplinar que hace Bunge se observa claramente el fraccionamiento de la naturaleza en diferentes

objetos de estudio. Con Bunge las disciplinas son divididas en dos grupos, uno formal y otro factual, este último dividido en disciplinas naturales y culturales, cada disciplina tiene aquí un objeto de estudio claramente definido. Se concibe al ser humano biológico por un lado, al ser humano social por otro y al ser pensante aparte.

Con Kedrov y Spirkin las disciplinas son más numerosas por una marcada especialización observada en las ciencias naturales y técnicas dando origen a unas disciplinas que hacen uso del conocimiento logrado en unas disciplinas preliminares. Se trata de la mecánica aplicada, las ciencias químico-tecnológicas, agropecuarias, médicas y pedagógicas, que hacen uso del conocimiento obtenido en unas disciplinas iniciales para generar un conocimiento técnico científico.

Lo mismo sucede con el esquema de Pabol Tillic quien presenta una clasificación más especializada de cada disciplina. Este autor las organiza en tres grandes campos: las ciencias del pensamiento (ideales), las ciencias reales (existenciales) y las ciencias espirituales o normativas. Es importante tener en cuenta que a medida que se especializan las disciplinas sobre algún objeto de estudio es más intenso el diálogo entre ellas. En Messer¹³, parece hacerse más importante la interdisciplinariedad.

Finalmente, Piaget relaciona y crea vínculos entre las disciplinas en una clasificación sistemática en donde muchas de las disciplinas especializadas en Messer, Tillic, Kedrov y Spirkin desaparecen o evolucionan hacia disciplinas sincréticas. Por otra parte, el esquema de Bunge es ampliado con Piaget¹⁴ en cuatro gru-

¹² Ibid., p. 17.

¹³ MESSER. Ibid., p 20.

¹⁴ PIAGET, Jean. Ibid., p 21.

pos de ciencias: las que buscan establecer sus leyes, las que buscan reconstruir el pasado, las que buscan establecer normas y finalmente las disciplinas filosóficas; las disciplinas que se incluyen en estos cuatro grupos son claramente producto de la interdisciplinariedad.

Cualquiera que sea la clasificación de la ciencia a través de la historia y de su dinámica temporal, las disciplinas propuestas en su momento intentan formar una red teórica sobre el mundo, como diría Karl Popper, con el objeto de atrapar hechos y fenómenos dados en la realidad. De las dimensiones, de la calidad y de lo denso de nuestra red teórica depende que escapen por sus agujeros eventos y sucesos insospechados y desconocidos.

Dentro de la ciencia la complejidad es un escenario teórico. Surge desde mediados del siglo XIX con los descubrimientos logrados por Charles Darwin (1859) evolución de las especies, Clausius (1865) segunda ley de la termodinámica, y Boltzman con los avances en la trayectoria de partículas y su comportamiento en el espacio; la complejidad se incrusta en áreas como la biología, la microfísica, los estados de la materia y con el surgimiento a mediados del siglo XX de las teorías de los sistemas, de la información y de la cibernética. Estos nuevos fenómenos y teorías han provocado una fractura en las leyes y principios a partir de los cuales se explicaban aspectos dados en lo físico, lo biológico y lo social. En otras palabras, estas leyes y principios ya no eran suficientes para entender y explicar el funcionamiento del universo.

En la medida que se hacían nuevos descubrimientos parecía que se derrumbaran los principios sobre los cuales la ciencia y el conocimiento estaban construi-

dos. Sin embargo, esto no significó que las leyes físicas, biológicas y sociales se derrumbaran, lo que sucedía era que los nuevos descubrimientos que se llevaban a cabo se encontraban en los límites extremos de las disciplinas que, se suponía, tenían claro y delimitado un objeto de estudio específico. Más allá de las fronteras disciplinarias los objetos de estudio desarrollaban interrelaciones, estaban implicados en su coexistencia, en lazos, nexos, vínculos y borrosidades que en la medida en que los especialistas profundizaban en su objeto de estudio estos iban apareciendo, ya no con las mismas leyes y principios desde los cuales este objeto de estudio era aprehendido, sino bajo condiciones totalmente diferentes.

Las disciplinas especializadas enfrentan la apertura de un universo que se deja explorar gracias al desbordante desarrollo de la tecnología y de una ciencia que evoluciona en la medida en que la primera lo hace. El mundo científico de nuestros días viaja a través del conocimiento, valiéndose de estas herramientas y de los métodos disciplinarios disponibles pero creando relaciones interdisciplinarias cada vez más fuertes, más estrechas, más densas. Parafraseando a Karl Popper¹⁵, los nexos disciplinarios semejan cada vez más una extensa red, de la cual nos servimos para atrapar el mundo, es el andamio por el cual podemos caminar y seguir elaborando teorías, explicando descubrimientos. Esta condición de dependencia a este andamio de la ciencia nos aventura y enfrenta a lo desconocido, a lo explicable y a lo inexplicable, a lo entendible y a lo que podemos identificar y poner nombre.

Nos enfrenta a lo desconocido por que mientras no tengamos el tejido suficiente para seguir atrapando el

¹⁵ POPPER, Karl R. El universo abierto. Un argumento a favor del indeterminismo. Post-scriptum a la lógica de la investigación. Vol. 2. Tercera Edición. Madrid . Tecnos. 1996.

mundo con nuestra malla de conocimientos, existirán muchas cosas de éste que seguiremos sin detectar. Se reconoce la limitación de nuestras técnicas y métodos para conocer el mundo de la misma manera que nuestros órganos de los sentidos nos permiten capturar algunas particularidades de éste, mediante la traducción que nuestros mecanismos de percepción y nuestros esquemas lógicos lo hacen.

Es gracias al desarrollo tecnológico como logramos adaptar el mundo a nuestras condiciones, las mismas con cuyas limitaciones lo comprendemos, de acuerdo con la construcción que de él hagamos en nuestra mente. De aquí que muchos autores señalen que el mundo no es como lo conocemos sino como lo percibimos. Se revive en nuestros días el problema de la caverna de Platón.

El observador es incluido ahora en la construcción del conocimiento y de la ciencia. Los procesos creativos, la educación, el arte, el folclor y la forma como se interpreta el universo son vinculados a particularidades de los entornos culturales, biológicos, socioeconómicos y políticos de lo local, de lo global y de los momentos históricos. El tiempo y la idea que tenemos de él se altera, lo sorprendente nos espera en cada espacio de lo inexplorado. El espíritu de la exploración y de la investigación retoma fuerza en un mundo que ajustado a una idea aproximada de la complejidad se entreteje en relaciones cada vez más inextricables, más finas y difusas.

Quizás como respuesta a esta complejidad, las disciplinas han tenido que crear nexos y vínculos reflejados en los esquemas presentados por Tamayo. Desde Bunge hasta Piaget se puede observar una tendencia hacia la creación de interdisciplinas de estudio que construyen conocimiento ya no desde la especializa-

ción sino desde la comunicación e interacción de los conocimientos generados.

El surgimiento de estas interdisciplinas modernas se presenta ante la necesidad de abordar situaciones y problemas que no pueden ser abordados solamente desde el punto de vista del físico, del biólogo, del matemático o del estadístico. Se necesitan disciplinas que elaboren herramientas capaces de tratar sistemas del tipo complejidad organizada. Éstas están aún por elaborar, es el reto de las futuras generaciones de investigadores capaces de ver en la ciencia algo más que un medio tecnológico o económico de dominación. Es en este punto en donde la política tiene una participación activa, una política de orden mundial, no de una política tecnocrática o economicista, dictada desde un país dotado del más complejo armamento, medios de comunicación, de producción y capaz de comprar cualquier conciencia, sino desde un consenso internacional que sea capaz de comprender los problemas sociales, que sea capaz de entender la existencia de otro tipo de culturas diferentes de la occidental, culturas que tienen una forma muy particular de relacionarse con el entorno que las rodea; se necesita una política capaz de entender la problemática medio ambiental de comienzos del siglo XXI, problemática que nos involucra a todos, no sólo desde la esfera de lo privado sino también en lo público. Significa un replanteamiento en nuestras formas de relacionarnos con la naturaleza, en reinventar la forma de explotación de los recursos naturales, la forma de convivir bajo la idea de que somos ciudadanos de orden planetario.

La complejidad se filtra en todos los terrenos posibles del conocimiento del hombre desde los fenómenos dados en la física hasta en la comprensión de los problemas medio ambientales; frente a esta situación se necesita la elaboración de un pensamiento que sea capaz de integrar incertidumbres, capaz de concebir or-

ganización, un pensamiento que *“sea capaz de reunir, contextualizar, globalizar pero reconociendo lo singular y lo concreto”*¹⁶. A partir de este tipo de pensamiento es posible construir una interdisciplina llamada medio ambiente que involucre por lo menos cinco grandes áreas con situaciones problemáticas actuales: la política, la ecología, la técnica, la economía y la cultura.

CONCLUSIONES

- La complejidad la relacionamos con la dificultad para interpretar o entender un sistema o un fenómeno dado.
- Esta dificultad de interpretación o comprensión está relacionada con la insuficiencia de herramientas para definir un sistema o fenómeno.
- Las herramientas de que dispone el pensamiento humano se encuentran en las diferentes áreas de la ciencia.
- De la capacidad de diálogo e interrelación que exista entre los expertos depende alcanzar una interpretación más aproximada a los fenómenos vivos, ambientales, sociales y culturales.
- Las teorías de los sistemas de la informática, la cibernética y la auto-organización, se constituyen en herramientas clave para abordar los fenómenos universales.
- Existe un universo aún por descubrir, así como hace quinientos años, el universo de la mente humana, el espacio, el océano, los recursos genéticos tropicales, la riqueza cultural y social de los pueblos son los nuevos continentes que se ofrecen por explorar y descubrir, existe una complejidad por abordar.
- Abordar esta complejidad requiere la elaboración de la red de conocimientos definida por Karl Popper para la ciencia, en esta oportunidad haciendo del azar, la inquietud y la aventura, nuestros mejores aliados en la exploración de nuevos terrenos científicos.

¹⁶ MORIN, Edgar. Por una reforma del pensamiento. En: El Correo de la UNESCO. (feb. 1996), pág. 14. xerocopia.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRAGÁN, H. En: TAMAYO Y TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa. Cuarta edición. Bogotá, 2002.
- CASTORIADIS, Cornelius. Ontología de la Creación. Ensayo y Error. Bogotá, Colombia. 320 pág. 1997.
- **Diccionario Enciclopédico Ilustrado.** Impreso en Colombia. Grupo Editorial Norma. 1994.
- GEORGE J. Klir, The many faces of complexity. In: the Science and praxis of complexity. Contributions to the symposium held at Montpellier, France, 9 – 11 may 1994. the United Nations University, 1985.
- MESSER. En: TAMAYO Y TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. Cuarta edición. Bogotá, 2002.
- MORÍN, Edgar, epistemología de la complejidad. En: SCHNITMAN, Dora Freíd. Nuevos Paradigmas, Cultura y Subjetividad. Editorial Paidós. 453 pág. 1994
- ----- . Por una reforma del pensamiento. En: El Correo de la UNESCO. feb. 1996, xerox copia.
- PIAGET, Jean. En: TAMAYO Y TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación. Pág 21. Editorial Limusa. Cuarta edición. Bogotá, 2002.
- POPPER, Karl R. El universo abierto. Un argumento a favor del indeterminismo. Post-scriptum a la lógica de la investigación. Vol. 2. Tercera Edición. Madrid : Tecnos. 1996.
- TAMAYO Y TAMAYO, Mario, Diccionario de investigación. Editorial Limusa. Segunda Edición. México 1988
- ----- . El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa. Cuarta edición. Bogotá, 2002.
- W. R. Ashby, Introduction to cybernetics (Methuen, New York, 1964). Citado por: GEORGE J. Klir, The many faces of complexity. In: the Science and praxis of complexity. Contributions to the symposium held at Montpellier, France, 9 – 11 may 1994. the United Nations University, 1985.

