

*Los principios ocultos de la disyunción/reducción que han alumbrado a la investigación en la ciencia clásica, son los mismos que nos vuelven ciegos ante la naturaleza técnica, social y política de la ciencia, ante la naturaleza física, biológica, cultural, social e histórica. Son los que han establecido y mantienen la gran disyunción naturaleza/cultura, objeto/sujeto y, por tanto, son los que no ven más que apariencias ingenuas en la realidad compleja de nuestros seres, de nuestras vidas, de nuestro universo.” (E. Hurtado, 2006).*

---

## **Desde el Determinismo científico, al paradigma emergente de la complejidad : Bases para la comprensión de los Agroecosistemas contemporáneos**

### **Teofilo Cuesta-Borja**

Ingeniero Agrónomo  
Especialista en Ciencias de la Complejidad  
Especialista en Gestión Ambiental  
Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente  
Doctor (PhD) en Pensamiento Complejo  
Doctor (PhD) en Desarrollo Regional

## DESDE EL DETERMINISMO CIENTÍFICO, AL PARADIGMA EMERGENTE DE LA COMPLEJIDAD:

### Bases para la comprensión de los Agroecosistemas contemporáneos

#### 0. INTRODUCCIÓN

Después de hacer un recorrido sobre el desarrollo histórico de las ciencias, es claro que la corriente de pensamiento cartesiano representa un referente epistémico poderoso que ha operado como una plataforma clave para el funcionamiento de un conjunto amplio de ciencias y disciplinas y, para el desarrollo de la propia filosofía moderna y contemporánea. Dicho pensamiento se traduce en sistemas discursivos en donde el estatus del conocimiento se articula sobre principios como la simplicidad y la linealidad, reduccionismo que claramente empobreció la comprensión más profunda e integral de los fenómenos en estudio, incluyendo dentro de ellos al hombre y su condición de permanente cambio.

La concepción racionalista cartesiana implicaba, de este modo, la existencia de un mundo continuo en el que las partes que lo componen se articulan de una sola forma y desde un eje temporal-espacial único. Se territorializó así, una perspectiva epistemológica, una lente del conocimiento incapaz de aceptar y en definitiva, reconocer las diferencias y discontinuidades potenciales y explícitas que pueden existir en objetos de estudio cada vez más borrosos y que funcionan bajo el imperio de otras lógicas que se pierden en los orígenes más remotos de la existencia del hombre y del mundo natural en el que habitamos.

Con el presente ensayo pretendemos hacer una reflexión, como una invitación para rescatar una epistemología de las ciencias que permita al hombre reencontrarse en su condición bioespiritual y desde allí, conectarse con el prójimo, desde una ética profunda y liberada de ideologías distorsionantes de la condición esencialmente humana. Así, se considera que el rescate de una comprensión más integral del hombre, también hace posible diseñar provisionalmente nuevas posibilidades conceptuales, para abordar el fascinante ejercicio de construir conocimiento, un proceso múltiple y siempre inabarcable que debiese tener como premisa fundamental el desarrollo armónico de los individuos, como parte de una comunidad singular y planetaria. De este modo, el trazado epistemológico que abordaremos nos entrega una nueva visión del mundo, cuyos puntos de referencia cognitivos permiten desarrollar una labor científica significativa que posibilita al sujeto establecer campos de relación más allá de la clásica parcelación del conocimiento en un proceso científico, cuya revelación es el descubrimiento de un mundo vinculado y al mismo tiempo vinculante que involucra al ser humano de manera esencial, tanto en su condición humana, como en su relación con el mundo cultural y natural.

Ahora bien, las bases epistemológicas que hemos anunciado en esta introducción se refieren al pensamiento complejo desarrollado por Morin fundamentalmente en

las últimas décadas; se trata de una teoría amplia del conocimiento que desborda la perspectiva cartesiana a la que hemos aludido, cuestionando sus estructuras teóricas con el fin de instalar una modalidad de conocimiento que incluye dentro de la riqueza de los fenómenos en estudio, las múltiples formas de relaciones entre sus componentes, así como también la potencial estabilidad e inestabilidad de dichas vinculaciones. Desde este principio fundamental, la perspectiva epistemológica instalada por el pensamiento complejo reconstruye el proceso del conocimiento de manera integral, incorporando, tanto las regularidades como las irregularidades presentes en los contenidos culturales que se quieren describir y comprender.

Asimismo, se pretende auscultar elementos epistemológicos que coadyuven con el entendimiento de los denominados sistemas de comunicación “agricultura”, desde el entendimiento del funcionamiento de los agroecosistemas, entendiendo los límites dinámicos de estos y por su puesto, las relaciones naturales que existen en sus diferentes componentes, teniendo como base para ello los principios de la complejidad, sea decir, la sistémica, hologramático, recursividad, retroactividad, autoecoorganización, dialógica y la reintroducción del conocimiento al conocimiento.

Por último, es importante referirnos a la arquitectura del ensayo que presentamos a continuación, así: en un primer término, ha sido posible establecer la evolución histórica de la concepción disciplinar de las ciencias, misma que desarrollamos en tres momentos fundamentales, sea decir, la ciencia antigua, la ciencia clásica y la ciencia moderna, ejercicio que sirvió para poner de relieve la concepción paradigmática determinista, mecanicista, lineal y simplista de la ciencia clásica; posteriormente, se hace una crítica al método científico, inicialmente planteado en la prehistoria por del hombre primitivo y nómada, posteriormente aplicado por Galileo Galilei, a través de sus estudios de dinámicas y luego, perfeccionado en su esencia por Descartes; un método que no solamente está impregnado de los vicios del determinismo y mecanicismo imperante a través de la historia de las ciencias, sino que además se queda corto en la perspectiva de construir conocimiento que permita entender fenómenos y la realidad del universo. Así mismo, se plantea una transición entre el paradigma mecanicista-determinista al paradigma de la complejidad y el pensamiento complejo, lo que permitió, no solo introducir una nueva visión para la ciencia posmoderna, sino que además facilitó un mayor acercamiento a la comprensión de la realidad del universo y los fenómenos que le son propios. Finalmente, se presentan las bases para el análisis y entendimiento del agroecosistema como un sistema abierto, social y autopoietico, desde el paradigma de la complejidad y el pensamiento complejo, partiendo de una crítica de la visión teórica tradicional basada en la visión agronómica, en donde se consideraba que los límites del agroecosistema estaban dados por los límites de la unidad de producción, desconociendo con ello, los canales de comunicación entre los elementos internos y externos para configurar el sistema agricultura, como lo sugiere el marco teórico de la agroecología.

## 1. EL DETERMINISMO COMO PARADIGMA DE LAS CIENCIAS ANTIGUA, CLÁSICA Y MODERNA

La historia de las ciencias está ligada necesariamente a tres períodos fundamentales; el primero, hace referencia al periodo de la antigüedad, el segundo al periodo clásico y el tercero, al periodo moderno. Todos estos períodos estuvieron impregnados de un modo u otro a la corriente determinista, una corriente que de acuerdo con Salcedo (2010), su acepción más común indica que: "A" está determinado por "B", para hacer "C", en donde ocurre una relación tríadica en la que los tres elementos configuran una teoría explicativa de la acción de un sujeto, así: "A" es un sujeto, "C" su hacer y "B" vendría a ser la causa por la cual se da "C". En este uso corriente de la palabra determinismo, califica a ciertas tesis que hacen a "B" la base de una serie de fenómenos o entidades que poseen la facultad de hacer que para "A" sea simplemente irresistible "C", es decir, lo que efectivamente realiza.

El determinismo auténtico es en realidad un predeterminismo, o sea la creencia de que la acción humana encuentra su motivo determinante en el tiempo que la antecede, de tal manera que no está en poder del hombre en el momento en que se efectúa (Abagnano, 1963). En una acepción general, el determinismo sostiene que todo lo que ha habido, hay y habrá y, todo lo que ha sucedido, sucede y sucederá está de antemano fijado, condicionado y establecido (Ferrater, 1988).

Asimismo, con frecuencia se ha distinguido entre determinismo, en cuanto causalismo y finalismo o teleologismo, aunque claro está, ambas con iguales consecuencias afirman que hay un encadenamiento riguroso de todos los fenómenos y por lo tanto, ni en una doctrina ni en la otra puede afirmarse la existencia de la libertad; la forma inicial de determinismo fue la teleológica, la cual se refiere a aquellas teorías que basaban sus explicaciones en fines que debían alcanzar todos los seres, en especial el hombre. Un buen ejemplo de ello lo constituye el pensamiento de Aristóteles, quien afirmaba que todo ente tenía por naturaleza a una determinada forma de ser, es decir, a realizar la esencia que le correspondía; por tanto, sí parece admisible la disyuntiva: o existe por azar o casualidad, o bien, existe dirigido y orientado a un fin y, estas cosas no pueden existir por obra del azar, hay que admitir sin duda alguna que existen con un fin determinado, luego el existir y venir a ser con un fin es algo inherente a todos los seres que hacen y existen por obra de la naturaleza misma.

### 1.1. Del determinismo teleológico al determinismo moderno

Lo que es crucial observar es que estas teorías que formularon un determinismo teleológico dieron paso desde hace unos siglos atrás a hipótesis basadas en explicaciones del tipo causa eficiente aristotélica. La interpretación metafísico-ontológica del mundo que conllevaba resultó intolerable para los hombres de ciencia de la modernidad; de tal manera que, se concibió como producto de la ignorancia, toda suerte de tesis que daba cabida a entes metafísicos. Así, en la actualidad la gran mayoría de las doctrinas deterministas han surgido por extensión de las

premisas de la mecánica clásica; en esta mecánica se atiende a ciertas propiedades de los cuerpos, se formula una serie de ecuaciones con el fin de establecer la dependencia funcional existente entre tales propiedades y otras. Esto es lo que encontramos en muchas de las tesis deterministas modernas, cosa que ha llevado a veces a que se identifique determinismo con mecanicismo. En este orden de ideas, en el determinismo actual se añade el modelo de la máquina clásica proyectado sobre la idea del universo, así como el principio reduccionista, según el cual todos los fenómenos se pueden convertir en categorías mecánicas, es decir, en manifestaciones epifenoménicas del movimiento local de los corpúsculos.

### 1.2. El determinismo y las tesis causalistas

La posible falibilidad de la corriente determinista moderna, conllevó a que progresivamente fuera reemplazada por las tesis causalistas, las cuales planteaban predicciones mucho más viables, verosímiles y probables, aunque, muy pronto se aceptó el carácter finito de la mente humana y, su imposibilidad de tener en cuenta todos los factores para realizar una acertada predicción. Algunos autores llegaron a plantear un hipotético espíritu ideal, capaz de abrazar todos los procesos físicos que se desarrollan al mismo tiempo, opción que, si existiera, probaría no sólo que se puede predecir con certeza y en detalle cualquier proceso físico, sino también que es el universo completo, una máquina con todas sus vicisitudes. Uno de estos autores fue Laplace, quien afirmó que deberíamos considerar el presente estado del universo como el efecto de su estado anterior y la causa del que seguirá.

Supongamos entonces, una inteligencia que pudiera conocer todas las fuerzas que animan la naturaleza y los estados, en un instante todos los objetos que la componen; para esta inteligencia, nada podría ser incierto y, tanto el futuro como el pasado será presente ante sus ojos (Popper, 1994). En el caso de la explicación de la conducta humana, el modelo teleológico no fue sustituido por el simple y llano causalismo; una vez iniciada la modernidad todo lo contrario, la modernidad fundamentó con base en la categoría de la voluntad un sujeto cuyo hacer era producto de un debate interior, en el cual se sopesaba los pros y los contras de sus acciones y se preveía al máximo el orden de los medios y los fines. En últimas, un sujeto cuyo hacer, además de responder a intenciones, estaba más allá de determinantes exteriores al de la propia voluntad. Por su parte, Descartes, afirmó: *“No puedo quejarme de que Dios no me haya dado un libre arbitrio, o sea, una voluntad lo bastante amplia y perfecta, pues claramente siento que no está circunscrita por límite alguno... sólo la voluntad o libertad de arbitrio siento en mí tan grande que no concibo la idea de ninguna otra que sea mayor”* (Descartes, 1977) .... Ni aún los discernimientos del intelecto eran para Descartes decretos necesarios para la voluntad, tal como profesaba la doctrina ordinaria de la escuela de su tiempo.

Sin embargo, con el transcurrir del tiempo, la idea de sujeto tal como la estableció Descartes, empezó a ser cuestionada por construirse sobre una base metafísica y, en esa medida, incompatible con la creciente necesidad de tangibilidad y predictibilidad que exigían los hombres de ciencia. De tal suerte, objetivas y más reales se consideraron las explicaciones del causalismo, es decir, de mecanicismo,

hechas respecto a la praxis del hombre. Estas crearon la ilusión de poder predecirse con certeza la conducta humana cuando se lograra conocer y computar todos los factores que intervienen en su devenir.

Una teoría es determinista, si mantiene que cada hecho que sucede en el universo acontece según una ley, es decir, que todo lo que se produce en el mundo está previamente determinado por una causa, una especie de fuerza superior, que determina todo lo que sucederá después. En las teorías deterministas siempre hay algo que determina la evolución del proceso de manera que todo lo que sucede, ha sucedido y sucederá, puede ser predicho, analizando la causa origen.

La ciencia que surgió en el siglo XVII se ha clasificado como determinista porque descubrió unas leyes precisas que gobernaban el movimiento de los cuerpos en la tierra y los movimientos planetarios. Más precisamente, encontró unas leyes matemáticas que describían el movimiento de los cuerpos terrestres y de los planetas, creando dos disciplinas matemáticas que se conocieron como mecánica analítica o racional y mecánica celeste.

La ciencia moderna fue elaborada por una serie de científicos creyentes, por lo que se podría pensar que la mano Dios intervenía en las cosas naturales. Descartes creía en un Dios creador, infinito, eterno, inmutable, omnisciente y omnipotente, causa primera de todas las cosas. Ese Dios había creado la materia y la había dotado de una cantidad de movimientos. El Dios creador cartesiano fue una de las inspiraciones para que Descartes formulara la ley de conservación del movimiento. El mundo creado por Dios funcionaba como una máquina y las consecuencias de los procesos estaban condicionados por esa causa que actuaba de motor primero. Igualmente, Newton manifiesta su creencia en un Dios creador en el escolio general de sus Principia (1687) cuando dice: *“Este elegantísimo sistema del sol, los planetas y los cometas, sólo pudo originarse en el consejo y dominio de un ser poderoso e inteligente... Este rige las cosas, no como alma del mundo, sino como dueño de los universos... El Dios supremo es un ente eterno, infinito y absolutamente perfecto... Es eterno e infinito, omnipotente y omnisciente, esto es, existe desde la eternidad a la eternidad y está presente desde lo infinito hasta lo infinito. Rige todo y conoce todo cuanto es o puede ser hecho...”* (Cohen, 1971; Cohen y Koyre, 1972).

Newton cree en una inteligencia divina que existía desde siempre y que está extendida por todo el universo. Esta inteligencia conocería el presente, el pasado y el futuro, con todo lo que ha sucedido o pueda suceder. Pero se debe hacer notar que Newton hace estas manifestaciones en uno de los Escolios, que eran consideraciones filosóficas y opiniones plausibles que estaban fuera del corpus científico de los Principia que, con esta excepción tenían un tratamiento puramente matemático. No obstante, Newton creyó necesario hacer estas concesiones a consideraciones no matemáticas, tanto por ser una persona extremadamente creyente, como por poner de manifiesto que sus innovadores resultados estaban dentro de los principios filosóficos de su tiempo. Newton pensaba que con sus

métodos matemáticos se había aproximado a las leyes del movimiento con las que Dios había dotado a la materia.

Sin embargo, el pensamiento había cambiado algo, al punto que cien años después, de la publicación de la obra de Newton. Cuando Laplace (1749-1827) presentó a Napoleón, el segundo tomo de su obra *"Traité de Méchanique céleste"* (Woodward, 1891), Napoleón le señaló que le habían comentado la extrañeza de que en un libro tan importante como el suyo, escrito sobre el sistema del universo no mencionara ni una sola vez a su creador, a lo que Laplace contestó *"Señor, no he necesitado esa hipótesis"*

Poco tiempo después Napoleón le comentó la respuesta que le había dado Laplace al matemático Lagrange (1732-1813), quien exclamó: Dios es una bella hipótesis que explica muchas cosas y, cuando la respuesta de Lagrange llegó a oídos Laplace, este exclamó: *aunque Dios es una hipótesis que puede explicarlo todo, no permite predecir nada* (Simmons, 1996).

### 1.3. Del determinismo científico a la teoría del caos

En nuestros tiempos, físicos de renombre como Bohm (1917-1992), abogaban por un mundo con un sustrato caótico del que surgen procesos estructurados que funcionan de acuerdo a una ley. Bohm en su libro titulado *"Casualidad y causalidad en la física moderna"* (Stewart, 2001), dice que hay que reconsiderar las ideas que plantearon Heráclito y Parménides, porque la casualidad, en las infinitas combinaciones que puede generar, puede ser que en un momento dado genere procesos que dejen de ser casuales y sigan una ley precisa. Es decir, que un proceso determinista surja a través de los accidentes de un mundo azaroso y afirma:

*“...Vemos, por lo tanto, el importante papel de la causalidad. Si le damos suficiente tiempo, hace posible, y de hecho incluso inevitable, todo tipo de combinaciones de cosas. Con toda seguridad, llegará un momento en que ocurrirá una de esas combinaciones que ponen en marcha procesos irreversibles o líneas de desarrollo que sustraen el sistema de la influencia de fluctuaciones casuales. Así uno de los efectos de la causalidad es ayudar a agitar las cosas de tal manera que permita el inicio de líneas de desarrollo cualitativamente nuevas”* (Stewart, 2001),

### 1.4. Periodo de la ciencia de la antigüedad

En la antigüedad existieron diversas sociedades más o menos desarrolladas, con interés por comprender el mundo, las cuales se pueden calificar de científicas; sin embargo, estas creían en el poder supremo de la razón para resolver todos los problemas sin necesidad de experimentos, una visión que se mantuvo al menos durante 20 siglos y, cuyo promotor principal fue Aristóteles (384 -322 a.c), quien junto a Platón son considerados los padres de la filosofía occidental; dicho filósofo, pensaba que una piedra grande caía más rápido que una pequeña, aunque nunca se le ocurrió probarlo, en tanto que no creían en la cultura de la experimentación e ignoraba la verdadera relación entre la vida humana y la naturaleza. Dicho periodo acabó hacia el siglo XV. Estas premisas se dieron en países del antiguo Oriente, es

el caso de Egipto, India, Babilonia y China; allí se acumularon y racionalizaron conocimientos empíricos sobre la naturaleza y la sociedad y se da inicio a estudios sobre astronomía, matemáticas, ética y la lógica.

Aristóteles proporciona otro de los ingredientes de la tradición científica: el empirismo; para este filósofo, las verdades universales, pueden conocerse a partir de eventos particulares, mediante la inducción, al tiempo que reconcilia el pensamiento abstracto con la observación y, no acepta que el conocimiento obtenido mediante la inducción pueda acertadamente considerarse como conocimiento científico. En esta misma era se pasa del renacimiento a la ilustración con Nicolaus Copernicus, quien vivió entre los años 1473-1543 y, cuyo pensamiento se opuso a la visión de que la tierra era el centro del universo; luego se da la revolución copérnica, entendidas las revoluciones científicas no como procesos acumulativos del conocimiento, sino que por el contrario, constituyen rupturas entre paradigmas científicos; es así como a través de la revolución copérnica se desplaza definitivamente el sentido común, como criterio de ciencia, al tiempo que se excluye el sujeto y sus valores del proceso científico, lo cual plantea una injustificada dicotomía entre cognición y la moral, un claro postulado de la racionalidad clásica.

### 1.5. Período de la ciencia clásica

En el periodo clásico de las ciencias (s. XVI-XVII), es cuando el patrimonio de las civilizaciones orientales fue asimilado y transformado en un armónico sistema teórico en la antigua Grecia, con lo cual, surgieron pensadores que se dedicaron a la ciencia y se deslindaron de la tradición religiosa y mitológica. Desde aquel entonces hasta la revolución industrial, la principal función de la ciencia fue explicativa y su tarea fundamental consistió en proporcionar el conocimiento necesario para ampliar los horizontes de la visión del mundo y de la naturaleza, parte de la cual es el hombre mismo. El despertar racional de la ciencia clásica clarificó las relaciones entre nosotros y las cosas del mundo visible.

En este periodo, surgen pensadores de la talla de Bacon (1561-1626), quien argumentaba a favor del uso de la experimentación, en lugar de la deducción, como medio para aumentar nuestro conocimiento. De igual manera aparece Kepler (1571-1630), quien abogaba por el empleo de la observación y las matemáticas, para superar las teorías pitagóricas, las cuales apostaban por esferas perfectas en el cielo y mostrar que los planetas se movían formando elipses.

En esta misma era surge el filósofo Descartes (1596-1650), quien introduce el racionalismo a la ciencia, basado en la argumentación a favor de su propia existencia y en la existencia de Dios y planteaba una supuesta superioridad del saber científico sobre los otros saberes, al tiempo que decía: “*Dios no engañaría a nuestros sentidos*” (Descartes,1977).

El racionalismo de Descartes, surge a partir de la expresión clásica: “*pienso, luego existo*” (*cogito ergo sum*) para referirse a que: pensar es una prueba de la preexistencia del ser, en tanto no se es posible pensar sin antes existir, aunque para

el siglo XIX, se planteara que el límite de la razón constituye los límites del hombre (Descartes, 1977).

No obstante, Descartes con su racionalidad clásica plantea que es la razón la que le da sentido al mundo, al tiempo que excluye el sujeto del ejercicio científico y plantea que es la sumatoria de la razón y el método lo que conlleva a las teorías del conocimiento y, sugiere la posibilidad del dominio de la naturaleza, ante lo cual rápidamente los empiristas encontraron un problema basado en que la razón sería incapaz de demostrar las relaciones entre objetos sin que intervenga la experiencia del sujeto. En esta etapa, se consideraba la experimentación como el instrumento para torturar la naturaleza y hacerle develar sus secretos.

Sin embargo, hacia el siglo XIX, la razón es sustituida por la racionalidad científica, la cual posteriormente es cuestionada debido a que el conocimiento puro y aséptico resultó desprovisto de visión, sabor, tacto y olor; así mismo, se cuestiona porque excluía la ética, la estética, los valores, las cualidades, el alma, la conciencia y el espíritu. Para el siglo XVII-XIX, aparecen Isaac Newton (1642-1727) con sus avances en la física, basados en sus métodos empíricos e inductivos, los cuales resultaron de gran influencia sobre todo para los filósofos de la Ilustración. Así mismo, se destacan filósofos de la talla de Kant (1724-1804), quien en clara consonancia con Descartes, consideraba que las leyes de Newton podían demostrarse como verdaderas, mediante el razonamiento y que el enfoque científico podía ofrecer explicación del mundo fenoménico; claramente estamos frente a un determinista de la ciencia en tanto que, creía en la explicación del mundo a partir de causa-efecto, acorde con la teoría de la causalidad como ley fundamental de la naturaleza, un saber absolutista que influyó grandemente en la cultura occidental hasta la aparición de la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica, vigente hasta nuestros días; en suma, se trata de un pensador con clara influencia de las ciencias deterministas.

### 1.6. Período de la ciencia moderna

El período de la ciencia moderna comienza a principios del siglo XX; en esta era, aparece Popper (1902-1994), quien criticó los métodos inductivos que usaba la ciencia, soportado en los planteamientos del empirista David Hume (1711-1776), quien en su momento había argumentado que la inducción tenía serios problemas lógicos y que por tanto, toda evidencia inductiva era limitada, en tanto que no se puede observar al universo todo el tiempo en todos sus lugares y por ende, no se justifica que queramos elaborar una regla general a partir de observaciones particulares. Popper también criticaba la visión empirista de que pudiéramos nosotros observar objetivamente al mundo y, decía que toda observación se hace desde un punto de vista y que por ello toda observación tiene matices derivados de nuestra forma de pensar y puntualizaba que: *“el mundo se nos presenta en el contexto de las teorías que asumimos y que la observación está teóricamente influida”* (Popper, 1994).

Así las cosas, Popper proponía un método científico alternativo basado en la falsación. Aunque haya muchas instancias que confirmen una teoría, solo se necesita una contra observación que la falsifique: solo se necesita un cisne negro para repudiar la teoría de que todos los cisnes son blancos. En ese contexto, se consideraba que la ciencia progresaba cuando se demostraba que una teoría está equivocada y se introduce una nueva teoría que explica mejor los fenómenos. Para este filósofo, el científico debería intentar desaprobar su teoría, en lugar de esforzarse por comprobarla repetidamente y también pensaba que la ciencia puede ayudarnos a aproximarnos progresivamente a la verdad, pero que nunca estaremos seguros de que contamos con una explicación definitiva (Popper, 1994).

De otro lado tenemos a Kuhn (1922- 1997), quien ha sido crítico respecto a la imagen simplista que han pintado los filósofos sobre la ciencia y argumenta que la ciencia no progresá simplemente en estados basados sobre observaciones neutrales; al igual que Popper él considera que toda observación está influenciada teóricamente. Los científicos poseen una particular visión del mundo o paradigma, entendido éste como una interpretación del mundo, más que una explicación objetiva; es el caso del paradigma de Newton sobre un universo mecánico, el cual es muy diferente al paradigma de Einstein sobre el universo relativista. Por su parte, para Kuhn la historia de la ciencia se caracteriza por las revoluciones de los enfoques científicos y también propone que los científicos aceptan el paradigma dominante hasta que aparecen anomalías que cuestionan las bases del paradigma y, es cuando emergen nuevas teorías, de las cuales una asume el nivel de nuevo paradigma. Así mismo, plantea que la ciencia normal presenta anomalías como la falta de rigor metodológico, en tanto que se rigen por paradigmas científicos, al punto que afirma categóricamente que: “*no hay investigación, en ausencia de paradigmas*” (Kuhn, 1971).

Por su parte, Popper, plantea que una teoría es científica, no porque haya probado su verdad, sino porque ofrece a los observadores-experimentadores la posibilidad de poder probar su falsedad y, promueve la reintegración del sujeto en el proceso de gestión del conocimiento científico, argumentando que la ciencia requiere de la reflexividad y autocritica. Asimismo, reconoce una conciencia de la ciencia, en tanto que considera que se requiere estar consciente de las falsas claridades, falsas transparencias, falsas respuestas o pseudo respuestas y de los límites de la ciencia (Popper, 1994).

Posteriormente tenemos a Paul Feyerabend (1924-1994), quien pensaba que no debería asumirse la superioridad del método científico moderno, en tanto que no podemos predecir qué forma tendrá el conocimiento en el futuro y, por tanto, no debemos asumir un método universal para la gestión del conocimiento. Dicho pensador, está de acuerdo con Kuhn en que la historia de la ciencia es la historia de diferentes puntos de vista, lo que Feyerabend significaba era que lo que se considera como conocimiento hoy, en el futuro puede estar determinado por paradigmas que no podemos saber ahora. Además, planteaba que, así como no podemos adelantarnos, no deberíamos intentar limitar las corrientes intelectuales

del futuro tratando de definir un paradigma dominante sobre el conocimiento, usando el modelo de la física.

De igual manera, con gran impacto hasta nuestros días, se registra la influencia de Einstein (1879-1955), quien durante el siglo XX con su teoría de la relatividad sobrepasó al paradigma newtoniano que había dominado desde la era de la Ilustración. Este cambio de paradigma hizo que los filósofos se dieran cuenta que los fundamentos del entendimiento científico no eran un conjunto estático e inmóvil de leyes naturales y que más bien, estos paradigmas eran interpretaciones humanas de fenómenos mucho más dependientes de la comunidad en la que se estudian que, en la realidad por sí misma; por tanto, la explicación científica ya no se podrá ver más como objetiva y neutral. Este científico universal, para el año 1915 a partir de la formulación de la teoría general de la relatividad reformula completamente la teoría de la gravedad, con lo cual surge el estudio científico del origen y la evolución del universo, en el marco de la rama de la física llamada cosmología. Cuatro años mas tarde (1919), a partir de las observaciones hechas por científicos británicos sobre un eclipse solar, se logra confirmar predicciones como la curvatura de la luz (Feynman, 2000). Asimismo, se reconocen aportes como sus explicaciones sobre el efecto fotoeléctrico, lo que le permitió obtener el premio nobel de física para el año 1921.

También vale la pena resaltar planteamientos como el de Heisenberg (1901-1976), quien fue el encargado de proponer el reconocido principio de la incertidumbre, lo cual constituyó un aporte fundamental para el desarrollo de la teoría cuántica y, por ende, la demostración de la imposibilidad de medir simultáneamente y de manera precisa, la posición y el momento lineal de una partícula, lo cual le hizo acreedor del premio nobel de física hacia el año 1932. La obra de este científico, también hace alusión a la incorporación del análisis multivariable en la física e introduce el concepto de probabilidad estadística.

## 2. CRÍTICAS AL MÉTODO CIENTÍFICO CLÁSICO

El método científico es considerado como un conjunto de pasos ordenados que se emplean para la gestión de conocimientos; en ese contexto, para ser calificado como científico, éste deberá basarse en el empirismo, en la medición y además, debe estar sujeto a la razón; la historia del método científico arranca en la prehistoria, cuando el hombre primitivo ó nómada, un ser curioso por naturaleza descubrió a través del ensayo y error: ¿qué alimentos le convenía comer?, ¿cuándo y cómo debía seleccionarlos?; es así, como de una forma lenta pero inexorable dejó de ser un recolector de frutos y cazador de animales y se convierte en pastor y agricultor, lo cual fue posible gracias a la observación, con lo cual pasa de ser nómada a sedentario.

Ahora bien, a lo largo de la edad media los matemáticos, físicos y químicos hicieron importantes contribuciones; sin embargo, el siguiente gran paso lo dio en el siglo

XVI Galileo Galilei, un personaje de gran influencia en la historia de la ciencia. Así, es posible afirmar que este científico fue el primero en aplicar el método científico en sus estudios de dinámica; gracias a sus experimentos y a la observación añadió la hipótesis y la experimentación, a partir de lo cual era posible desmontar algunos de los errores cometidos por Aristóteles. A Galilei le seguirían, las contribuciones de Bacon, el creador de la inducción por eliminación; sin embargo, no fue hasta el siglo XVII cuando Descartes a través de su obra titulada *“el discurso del Método”* (Descartes, 1987), cuando definió por primera vez, las reglas del método científico, las cuales tienen algún nivel de vigencia para las actividades científicas de nuestros tiempos.

El método científico evolucionó y se mantuvo con gran vigencia hasta mediados del siglo XX, a partir de corrientes filosóficas como el empirismo lógico inglés que compagina la observación del mundo con el razonamiento lógico. En este método se parte de una hipótesis, de la que se desprenden consecuencias que se pueden comparar con observaciones o resultados experimentales. En ese orden, se demanda que las consecuencias deducidas de las hipótesis puedan ser contrastadas empíricamente, es decir, han de obtenerse predicciones sobre el mundo susceptibles de ser observadas; si dichas predicciones coinciden con las observaciones, la hipótesis pasa la prueba del contraste y puede llegar a convertirse en una ley, mientras que un conjunto de hipótesis y leyes relativas a un determinado campo del conocimiento y compatibles entre sí, forman una teoría, la cual contiene un conjunto de leyes que ya han sido sometidas a exigentes contrastes empíricos, aunque bien es cierto que eso no implica que sean definitivas

Por su parte, aquellas hipótesis que son sometidas a contraste empírico, pueden obtenerse mediante la inducción, a partir de una generalización de hechos observados previamente. El resultado de esta generalización es lo que habíamos denominado una ley empírica sobre la que no existe certeza de validez. Esta ley se toma como hipótesis de partida y de ella se extraen predicciones mediante un razonamiento deductivo que luego se comparan con el experimento; en caso de superar la prueba, la hipótesis pasa a considerarse ley teórica.

El método científico que acabamos de describir recibe el nombre de hipotético-deductivo, porque parte de una hipótesis y de ella se deducen predicciones sobre casos particulares que se comparan con el experimento. Este método se puede entender como un proceso cíclico: las observaciones sugieren por inducción una hipótesis general, de la cual, se obtienen por deducción unas predicciones que se comparan con las observaciones que pueden apoyar la hipótesis inicial o sugerir por inducción una nueva hipótesis y, así sucesivamente. Cada vez que se da una vuelta en este ciclo, la hipótesis que se maneja se ajusta mejor a la realidad; si se añade un eje temporal al esquema, este se convierte en una espiral de avance del conocimiento científico.

No obstante, se considera que el primer problema del método científico es la observación, es decir, es el observador quien define las observaciones, por lo que de acuerdo con Maturana (1994), la realidad no existe independientemente de la

mirada del observador. Lo que este científico afirma es que una explicación científica no explica lo que sucede en el mundo, sino la experiencia que nosotros tendremos en determinadas condiciones. De hecho, dice que los científicos no basan sus explicaciones en los objetos, sino únicamente en sus propias percepciones de los mismos. Para el autor, las propiedades del sistema observador determinan el campo de observaciones posibles.

De la misma manera Bateson (1956), plantea un segundo problema del método científico, el cual hace referencia al cómo construimos las explicaciones, por lo que considera que no es lo mismo describir un suceso que elaborar una teoría, hipótesis o explicación del fenómeno; en ese sentido, los constructivistas argumentan que el lenguaje diluye la distinción entre una descripción y una explicación. Sin embargo, para este autor, una hipótesis son dos descripciones puestas en relación entre sí, pero las leyes de la naturaleza no son explicaciones, sino descripciones de acontecimientos observados.

Más tarde, aparece el filósofo Feyerabend (1924-1994), quien defendió que los principales avances de la ciencia ocurrían al ignorar o incluso al desobedecer las reglas del método científico (Feyerabend, 1993), postura que lleva el nombre de anarquismo metodológico; este filósofo, considera que seguir las reglas del método científico implica mantenerse en los marcos teóricos ya establecidos, impidiendo la aparición de nuevas ideas. La razón es que incluso los propios hechos observados de donde podrían surgir hipótesis nuevas por inducción, se interpretan ya desde el principio a partir de las teorías científicas vigentes, es decir, van provistos de una carga teórica previa.

Por último, otra crítica hacia el método científico en la forma en que lo hemos descrito fue elaborada por el físico y filósofo Kuhn (1922-1996), quien al igual que Feyerabend, se interesó por el mecanismo que hace abandonar un marco teórico y adoptar uno nuevo, de hecho, muy diferente al anterior. Tan diferente puede llegar a ser que los nuevos conceptos, términos, procedimientos, etc., pueden no resultar siquiera comparables a los de la teoría precedente, lo que se conoce como incommensurabilidad (Kuhn, 2000). Los grandes avances de la ciencia, según Kuhn tienen lugar a través de revoluciones científicas que desembocan en un cambio de paradigma científico y, no tanto mediante una sucesión de pequeños pasos de perfeccionamiento de la teoría vigente en ese momento. Estos últimos son los que se alcanzan aplicando el método científico habitual que para Kuhn constituye los períodos de ciencia normal, en contraste con los períodos de ciencia revolucionaria; un ejemplo de revolución científica es la que precipitaron en la física las teorías de la relatividad de Albert Einstein, que cambiaron por completo los conceptos de espacio y de tiempo, respecto al paradigma anterior, sea decir, el de la mecánica newtoniana.

### 3. DEL PARADIGMA MECANICISTA AL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD

En los últimos años, se ha reabierto un nuevo frente de discusión en el que participan científicos e intelectuales sobre la necesidad de reformar el pensamiento y el conocimiento. En ese contexto, a partir de los años 50's, surge la teoría general de sistemas, propuesta por Bertalanffy, a través de la cual quedan a disposición herramientas conceptuales y metodológicas apropiadas para generar un conocimiento mucho más cercano a la realidad como un todo organizado y en funcionamiento, compuesto de múltiples dimensiones y elementos interrelacionados entre sí. Ahora bien, interpretar la realidad desde la perspectiva de la teoría de sistemas implicó una primera ruptura epistemológica de enorme relevancia científica, al punto que a raíz de esta teoría la vocación analítica de la ciencia paradigmática cede paso a la vocación sistémica de una nueva ciencia denominada la sistémica; aun así, el pensamiento sistémico no logra reemplazar el pensamiento analítico de la ciencia clásica, aunque para el último tercio del siglo XX ofrecerá nuevos hallazgos y modelos científicos, con lo cual por primera vez en la historia de la ciencia, un pensamiento sistémico se posiciona como alternativa a un desgastado paradigma mecanicista y, es cuando nace el pensamiento sistémico compacto que en términos paradigmáticos se rotula bajo el nombre de paradigma de la complejidad (Ferrer, 1998).

Dicho paradigma de la complejidad, reúne a científicos de diversos campos de conocimiento, los cuales insisten en la necesidad de apropiar nuevos modelos teóricos, metodológicos y, por ende, una nueva epistemología que permita a la comunidad científica elaborar teorías más ajustadas de la realidad y que posibilite al mismo tiempo diseñar y poner en práctica modelos de intervención para los contextos socioculturales, políticos, económicos y ambientales, mucho más eficaces y, que contribuyan a regular las acciones individuales y colectivas. Subyace en esta actitud reformista un claro intento de reformar la racionalidad sobre la que la ciencia y la tecnología se han venido apoyando a lo largo de la historia, actitud que afecta indistintamente, tanto a las ciencias empírico-naturales, como a las ciencias sociales y humanas.

Este nuevo espíritu reformista integra la vocación analítica de la ciencia positivista con la vocación transdisciplinaria y problematizadora de la filosofía, con lo cual es posible conjugar ambos intereses, el de las ciencias de la complejidad y el paradigma de la complejidad (De Rosnay, 1996; Morin, 1992).

### 3.1. Paradigma de la complejidad y transdisciplinariedad

El enfoque analítico tradicional de la ciencia positivista genera un saber especializado, reduccionista y fragmentado. En ese contexto, los esfuerzos interdisciplinares, aun cuando nos ayudan a prevenir los excesos de especialización y de compartmentalización del saber, no resultan suficientes para dar cuenta de la complejidad de los fenómenos, sean biofísicos o socioculturales, es decir, la interdisciplinariedad no constituye una estrategia suficiente para dar cuenta del entrelazamiento de las múltiples dimensiones sobre las que se organiza la realidad como un todo, en tanto una unidad interrelacionada. Para superar este reduccionismo, el nuevo paradigma de la complejidad postula la necesidad de

organizar el conocimiento científico desde la transdisciplinariedad, el cual está enfocado, no a un sector o parcela de conocimiento, sino a un sistema complejo que forma un todo organizador que operan el restablecimiento de conjuntos constituidos a partir de interacciones, retroacciones, inter retroacciones y además, constituyen complejos que se organizan de por sí, haciendo una clara alusión a los principios de recursividad, dialógico, incluso, hologramático (Morin (2001).

Asimismo, científicos de la talla de Nicolescu, han precisado aún más esta noción y plantean que se debe entender por transdisciplinariedad, aquello que se sitúa a la vez entre las disciplinas (interdisciplinariedad), a través de las disciplinas (pluridisciplinariedad) y más allá de las disciplinas (transdisciplinariedad), cuya finalidad es la comprensión del mundo presente, a partir de la unidad del conocimiento; unidad que no opera por reducción, como lo sugiere abiertamente la ciencia positivista, sino integrando y dando cuenta de la pluralidad, de la diversidad, de las propiedades emergentes de la realidad, como evidencia la teoría del caos (Solé y Manrubia, 2001).

A la ciencia transdisciplinar corresponde comprender y explicar la dinámica evolutiva de los fenómenos como consecuencia de la complejidad dinámica que caracteriza la realidad. A pesar de los hallazgos y el progreso que para el conocimiento ha supuesto la ciencia interdisciplinar de vocación analítica, ésta no obstante, sólo ha permitido dar cuenta de una complejidad simplificada y reductora que excluye de sus explicaciones, entre otros procesos, las fluctuaciones, la irreversibilidad, la aleatoriedad, el entrelazamiento de las partes y el todo, la autoorganización o de procesos de emergencia espontánea de orden, a partir de lo indeterminado, lo impredecible o caótico (Núñez; Pérez, 2003).

### 3.2. El pensamiento complejo

El pensamiento complejo fue desarrollado por Edgar Morin en su obra denominada “*El Método*” (Morin 1993), aunque más que propiamente un método para resolver problemas complejos, el autor constata la insuficiencia de un modo de pensamiento lineal y determinístico que es el que ha caracterizado a las ciencias mecanicistas, una corriente científica, claramente influenciada por científicos como Taylor (1911), quien estableció la administración científica, trasladando el paradigma de las ciencias físicas al campo de la gestión, perspectiva que muestra que: “*el todo está dado por la comprensión de las diferentes partes, las relaciones están dadas por la causalidad lineal, en la cual hay causa y efectos y, que la gestión es predecir, administrar y controlar*”. Por ello, el autor lo que intenta con su obra es, poner al descubierto la insuficiencia de la ciencia clásica ante una realidad que es compleja, es decir, abierta, evolutiva, no lineal y caracterizada por la estructura recursiva de las relaciones entre los diversos elementos que la integran y que da lugar a la emergencia de nuevas propiedades y elementos.

En la actualidad, ante la emergencia de la sociedad del conocimiento, donde lo importante no es producir bienes y servicios, sino generar conocimiento que permita crear e innovar permanentemente tales bienes y servicios, la epistemología clásica

y el enfoque de la administración científica de Taylor (1911), no son los más pertinentes, por lo que es necesaria una nueva epistemología para pensar la gestión organizacional y en sí, lo que es la gestión del conocimiento dentro de las organizaciones. Es así, como a partir de la década del 80's, comienzan a aparecer nuevos enfoques epistemológicos para entender la ciencia, la gestión y el conocimiento; enfoques que se comienzan a enmarcar poco a poco dentro del campo general de las ciencias de la complejidad, como la autopoiesis, los sistemas complejos adaptativos, la teoría del caos, las estructuras disipativas, y la geometría fractal, esta última, propuesta por el matemático Mandelbrot (1975), entre otras. Con ello, se está en un cambio de paradigma en el sentido de Kuhn (1962), para la comprensión de la ciencia, aunque todavía sigue siendo dominante el enfoque de la ciencia tradicional basada en leyes, certezas y relaciones lineales de causa-efecto.

La epistemología compleja es la confluencia de los aportes de diferentes investigadores, entre ellos Gell-Mann (1994); Prigogine y Stengers (1984); también es importante destacar las contribuciones de Kauffman (1995), Holland (1995) y Arthur (1995). Asimismo, están las contribuciones de Morin (1995, 2000b, 2002a), quien articula el pensamiento complejo con la comprensión de la naturaleza del conocer, la transdisciplinariedad, la antropoética y la tierra patria. Por último, hay que considerar las contribuciones de Maturana y Varela (1994) sobre los sistemas vivos y la autopoiesis.

En la complejidad se estudian todos los fenómenos, pero sobre todo aquellos que presentan dinámicas no lineales y propiedades emergentes, los cuales se denominan sistemas complejos adaptativos y que de acuerdo con Begun, Dooley y Zimmerman (2003), se refiere a un sistema en coevolución, que busca la autoorganización, se estructura por partes diversas, tiene en cuenta el contexto y aprende de éste. El Pensamiento Complejo, como tal está en la línea de las teorías de la complejidad y viene siendo propuesto por Edgar Morin; complejo viene de complexus, y significa tejido entre tejidos (Domínguez, 2006). Por consiguiente, el pensamiento complejo como epistemología, es un método para la construcción del conocimiento de cualquier fenómeno, teniendo como base la forma y dinámica de cómo está tejido dicho fenómeno en sí y, con respecto a otros fenómenos, con el fin de comprenderlo y explicarlo en sus procesos de orden-desorden-reorganización, mediante el análisis disciplinario, multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario. De ahí que, en el pensamiento complejo, el conocimiento y el saber, siempre son multidimensionales, transversales, cambiantes y evolutivos.

Se trata de buscar en lo sucesivo, la comunicación entre la esfera de los objetos y la esfera de los sujetos que conciben estos objetos, de establecer la relación entre ciencias naturales y ciencias humanas, sin reducir las unas a las otras, puesto que ni lo humano se reduce a lo biofísico, ni la ciencia biofísica se reduce a sus condiciones antroposociales. No se trata de una alternativa, sino de un complemento y que la política de la investigación pueda ayudar a que las ciencias cumplan las transformaciones necesarias en la estructura del pensamiento que su propio desarrollo requiera (Morin, 1984).

### 3.2.1. Principios de la complejidad

De acuerdo con Morin (1988), existen siete (7) principios que pueden ayudarnos a comprender la complejidad. El primero, el principio sistémico, el segundo, el hologramático, el tercero, bucle retroactivo, el cuarto, recursividad, el quinto, autoecoorganización, el sexto dialógico y, el ultimo, el principio de reintroducción del conocimiento en todo conocimiento, tal como se detalla a continuación:

**Principio sistémico.** Tiene que ver con el entendimiento de las partes y el conocimiento del todo; este principio lo encontramos dentro de la teoría de sistemas, originalmente propuesta por Von Bertalanffy, en la que el todo, no es igual a la suma de las partes. Una organización social o una bacteria, en los términos del planteamiento moriniano, se manifiesta con cualidades o propiedades que no se encuentran en las partes consideradas aisladamente. Sólo la interconexión de esas partes genera una forma de existir con un carácter específico.

**Principio hologramático.** Este principio se inspira en la teoría holográfica en donde, cada punto contiene casi la totalidad de la información del objeto que representa. De esta forma, el todo de una estructura social, por ejemplo, está inscrito en las partes que lo componen. Al respecto, Morin agrega: “... *la totalidad del patrimonio genético está presente en cada célula individual; la sociedad está presente en cada individuo en tanto que todo, a través de su lenguaje, su cultura, sus normas*”.

**Principio del bucle retroactivo.** Explica los procesos de autorregulación de un sistema. Esta autorregulación rompe con el principio de causalidad lineal, es decir, la causa actúa sobre el efecto, y el efecto actúa sobre la causa. Para entender mejor este principio, Morin propone los siguientes ejemplos: “... *en un sistema de calefacción, el termostato regula el funcionamiento de la caldera. Este mecanismo regulador permite la autonomía del sistema. De forma más compleja, la homeostasis de un organismo vivo es un conjunto de procesos reguladores, fundados sobre múltiples retroacciones. El bucle retroactivo permite, bajo la forma negativa, reducir las desviaciones y estabilizar un sistema*”.

**Principio de la recursividad.** Este principio va más allá de la noción de regulación que se exponía en el punto anterior. Se orienta a la auto reproducción y autoorganización de los sistemas humanos. Se trata de un bucle regenerador, en donde, productos y efectos son ellos mismos productores o causas de quien los produce. Sobre este principio, Morin propone el siguiente ejemplo: “..., *nosotros individuos, somos el producto de un sistema de reproducción salido del fondo de los tiempos, pero ese sistema sólo se puede reproducir si nosotros mismos nos convertimos en productores acoplándonos*”.

Este principio se orienta, en definitiva, a que los seres humanos son productores de las sociedades en que viven, a través de sus interacciones, y a la vez, esas sociedades, dan Fundamentos epistemológicos para el esbozo de una pedagogía compleja. forma a la humanidad de ese conjunto de seres humanos, gracias a la circulación de un lenguaje y, por tanto, de una cultura.

**Principio de auto-ecoorganización.** La auto- ecoorganización, es tomada de los trabajos realizados en biología, en las últimas décadas del siglo XX. Desde esa disciplina científica, los seres vivos son considerados como seres

autoorganizadores que, se auto reproducen sin cesar, gastando una cantidad de energía para realizar ese proceso de autonomía. Morín desarrolla este principio señalando: "Como tienen que tomar energía (los seres humanos), información y organización de su entorno, su autonomía es inseparable de esta dependencia, y por tanto, es necesario concebirlos como seres autoecoorganizadores; este principio, se aplica de forma específica para los humanos que desarrollan su autonomía, dependiendo de su cultura y también para las sociedades que dependen de su entorno ecológico.

**Principio dialógico.** El principio dialógico da cuenta de una constante comunicación entre el universo y el hombre. Esta situación se remonta al génesis del universo; en ese estado y a partir de la agitación calorífica (desorden), se producen estados de orden, constituyendo núcleos como los átomos, las galaxias y las estrellas. Para Morin se trata de un diálogo entre el orden y el desorden que da como resultado, estados de organización. Este diálogo es válido para el mundo físico, el biológico y el social. En relación al mundo social, se puede aportar el ejemplo de las revoluciones. Los estados revolucionarios en las diferentes sociedades humanas, alteran un orden de vida, a través de niveles de desorden más o menos violentos. A esta intervención le sigue el establecimiento de un nuevo orden, producto de diferentes expresiones de diálogo que lo convierten en un proceso que tiene pausas, pero que se prolonga indefinidamente en la historia cultural del hombre.

**Principio de reintroducción del conocimiento en todo conocimiento.** La reintroducción del conocimiento en todo conocimiento, se refiere a la restauración del sujeto como elemento central en los procesos cognoscitivos. Para Morin "... todo conocimiento es *reconstrucción/traducción por un espíritu/cerebro dentro de una cultura y un tiempo dado.*" Este principio resulta central, pues sintetiza todos los aportes de la epistemología contemporánea y que se expresan a través de una teoría del observador que, desde su condición biológica, espiritual y social reconstruye la realidad de manera diversa. Se trata del retorno protagónico del sujeto, del hombre con toda su carga de humanidad, como fundamentos epistemológicos, para el esbozo de una actividad científica compleja, protagonista de cualquier proceso de conocimiento, soporte bioespiritual, cuya impronta o huella es el signo trascendente de sus cambios y aprendizajes.

#### 4. EL AGROECOSISTEMA COMO SISTEMA ABIERTO, SOCIAL Y AUTOPOIETICO, ENTENDIDO DESDE LA COMPLEJIDAD

Históricamente la realidad agrícola se ha intentado explicar, con base en los fundamentos del paradigma mecanicista-determinista, mismo que ha predominado en la ciencia desde el siglo XVII y a través del cual, se ha pretendido encontrar las correlaciones y patrones de regularidad; en ese sentido, esto no es más que el dominio del paradigma de la simplificación en la ciencia, en tanto que a pesar de haber generado resultados valiosos, estos han sido insuficientes para explicar la agricultura como una actividad eminentemente social (Morin, 2007); Gharajedagui (2008). Sin embargo, muy por el contrario, el quehacer agrícola es el resultado de

interacciones entre procesos de carácter multidimensional, por lo que su problemática debe ser estudiada como una totalidad, al punto que ante la complejidad de esta realidad, el paradigma analítico se identificó como un enfoque con serias limitaciones, por lo que algunos investigadores han iniciado a abordarla desde el pensamiento complejo, un paradigma emergente que utiliza la teoría de los sistemas complejos como el marco teórico conceptual para explicarla.

Esta posición teórica es el fundamento de la nueva agroecología que responde a la complejidad de la agricultura contemporánea (Altieri y Toledo, 2011), la cual se caracteriza por la convergencia de procesos ambientales, económicos, sociales y los que se derivan de ellos, sea decir, tecnológicos, culturales y políticos, cuya sinergia rebasa a las unidades de producción, antes consideradas como los límites de la unidad de estudio de la agroecología (el agroecosistema); en ese sentido, se considera que explicar la importancia de la vegetación circundante y las características y/o funcionamiento de los elementos biofísicos que influyen en la dinámica de los agroecosistemas no es suficiente, por lo que resulta imperativo también comprender el comportamiento de los mercados y las políticas agrícolas, así como el contexto cultural que media la actividad. Esto, porque son aspectos que influyen en cuanto a: ¿qué se producirá?, ¿cuándo se producirá?, ¿con qué tecnología se producirá?, ¿a qué ritmos y para qué clase de consumidores?; por lo tanto, se considera que los límites social, económico o político de un agroecosistema son difusos (León, 2009).

Lo anterior obliga al investigador a cuestionarse sobre qué debe considerarse dentro o en el entorno de un agroecosistema; una distinción fundamental para abordar la complejidad de lo agrícola, la cual, solo puede llevarse a cabo desde el pensamiento complejo y sus teorías. En ese sentido, se argumenta la selección de la teoría de los sistemas sociales autopoieticos para entender los procesos de diferenciación funcional del sistema de comunicación, denominado “Agricultura” que conducen históricamente a la existencia de prácticas de manejo distintas en los agroecosistemas.

Desde la perspectiva de Morin (2007), esto sería un tejido de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados, cuyo estudio requiere de arquitecturas teórico conceptuales, suficientemente robustas que permitan apreciar la reducción de dicha complejidad, lo que obliga a transitar hacia otras formas de pensamiento que superen las formas tradicionales de hacer y entender la ciencia (Sotolongo y Delgado, 2006a, b; Morin, 2007).

Considerando esta perspectiva, el estudio de la agricultura requiere del desarrollo de marcos epistémicos y metodológicos en cuya construcción, los planteamientos de Morin, García y Luhmann, que además contribuyen para concebir de manera distinta al agroecosistema, resultan valiosos. Situación ésta que obliga al investigador a reflexionar acerca de cuál es el sistema de ideas idóneo, de acuerdo con la naturaleza del problema que se pretende estudiar (García, 2006). Para saberlo, es necesario responder a dos cuestionamientos fundamentales: a) ¿Cuáles

son las divergencias o convergencias de estas posturas teóricas? y b) ¿Cómo esto se refleja en la concepción del agroecosistema?

Desde la perspectiva teórica de Morin (1993), el agroecosistema sería concebido como una interrelación de elementos que constituyen una entidad o unidad global con dos caracteres principales: el primero, la interrelación de los elementos económicos, sociales y ambientales y el segundo, la unidad global constituida por estos elementos en interacción. En otras palabras, se puede concebir como un sistema complejo, una unidad organizada de interrelaciones. No obstante, para autores como García (2008), las aportaciones de Morin son insuficientes en el abordaje de la realidad, y esto incluye las del carácter agrícola; sin embargo, es importante reconocer que sus planteamientos filosóficos han contribuido a cuestionar el paradigma científico dominante y a la búsqueda de una visión holística de la agricultura.

Con base en la obra de García (2008), el agroecosistema es considerado como la representación de un recorte de la realidad agrícola, una totalidad organizada, en la cual los elementos económicos, sociales y ambientales no son separables y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente. Entonces, el agroecosistema visto desde esta perspectiva, es un sistema complejo de carácter abierto constituido por elementos heterogéneos en interacción, los cuales requerirían para su estudio, de la agroecología como interdisciplina. Otras características que definen al agroecosistema desde este planteamiento teórico, son la interdefinibilidad y la mutua dependencia de las funciones que cumplen esos elementos dentro del agroecosistema total, un claro reflejo del principio de retroactividad, propio de las ciencias de la complejidad.

El anterior planteamiento excluye de manera clara y para siempre, la posibilidad de estudiar un agroecosistema a través de la simple adición de estudios sectoriales, correspondientes a cada uno de sus elementos. Por tanto, con base en las ideas de Luhmann (2006), la interpretación de la realidad agrícola sería un tanto distinta, ya que partiría de un sistema social conformado únicamente por comunicaciones, al cual se denomina “Agricultura” y cuya autopoiesis genera una cultura del manejo agrícola; en el entorno de este sistema, se encuentran los sistemas de conciencia, sea decir, los individuos que desde la perspectiva agroecológica son los controladores cibernéticos de los agroecosistemas, condición inicial y participantes en la evolución autopoética del sistema agricultura.

Así, los agroecosistemas son modelos que expresan la recepción de la autopoiesis del sistema de comunicación agricultura, en el continuum de realidad. Todo esto a través de los acoplamientos estructurales entre el sistema agricultura y los sistemas de conciencia, este último, referido a los individuos-personas.

Respecto a los límites y condiciones de contorno del agroecosistema los planteamientos de Morin (2007), permiten concebirlo como un sistema abierto, con un dinamismo estabilizado y en relación con lo que se encuentra fuera de éste; dicha relación no deberá ser considerada como una simple dependencia, sino que es

constitutiva del agroecosistema, por lo cual, éste debe cerrarse al mundo exterior a fin de mantener sus estructuras y así, evitar su desintegración. Sin embargo, debe reconsiderarse que la apertura del agroecosistema es lo que permite su clausura, ideas, un tanto similares a las planteadas por Luhmann en sus conceptos “clausura operativa y acoplamiento estructural” en el sistema de comunicación denominado agricultura.

Los planteamientos de García (2008), conducen a pensar en el agroecosistema como sistemas abiertos, carentes de límites bien definidos, pero que realizan intercambios con el medio externo, es decir, lo no perteneciente al sistema, por ende, sus límites serían elegidos por el investigador, considerando aquellos elementos entre los cuales se han podido detectar las relaciones más significativas; dicha delimitación implica establecer un recorte de la realidad o imponer límites más o menos arbitrarios. Desde estas ideas, las condiciones en los límites del agroecosistema estarán dadas por los elementos que se dejaron fuera al definir el sistema y sus interrelaciones con los elementos que quedaron dentro y se especifican en forma de flujos, siendo la velocidad de cambio el factor más importante para su estudio.

Cuando dichas condiciones sufren pequeñas variaciones respecto de un valor medio, las relaciones entre los elementos del agroecosistema fluctúan, sin que se transforme su estructura, pero si las condiciones en los límites cambian drásticamente se imponen severas restricciones sobre posibles estructuras.

Ahora bien, bajo la arquitectura teórica de Luhmann (2006), el sistema de comunicación “agricultura” estaría operativamente clausurado y cognitivamente abierto al poder acoplarse con los sistemas de conciencia, es decir, los controladores de los agroecosistemas, capaces éstos de percibir y pensar pero que estarían fuera del sistema agricultura. Desde esta teoría, el sistema agricultura es un sistema social que únicamente puede ser concebido como la diferencia entre sí mismo y el entorno. Este proceso de diferenciación, visto a través del tiempo requiere de operaciones comunicativas de carácter autopoético que hacen que el límite del sistema se produzca y reproduzca, haciendo clara alusión al principio de recursividad, propio del pensamiento complejo.

Así, el límite del sistema no es otra cosa que la manera y la concreción de sus operaciones comunicativas basadas en el sentido (Luhmann, 2009). De ese modo, el autor, no analiza los sistemas de comunicación como fenómenos localizables, pero sí, como estructuras comunicativas que, aunque requieren de una base de realidad, sea decir, un mundo que funcione físicamente, cuando los sistemas realizan acoplamientos estructurales, aunque tales acoplamientos no implican por sí mismos, la definición de los límites de los sistemas (Luhmann, 2006). Lo anterior es contrapuesto a las ideas de García (2008), quien menciona que los primeros límites del sistema son los de carácter geográfico. Así, desde esta perspectiva, esta orientación facilita la identificación de los límites del agroecosistema por parte del investigador; en otras palabras, la definición del área de estudio en el diseño metodológico de su investigación.

De otro lado, la divergencia al usar las teorías de García y Luhmann, es la relación del agroecosistema con el entorno. Desde García (2008), esta relación puede describirse a través de un modelo insumo/producto, en donde la información se comporta como un flujo proveniente desde fuera del sistema. En contraste, Luhmann (2006), plantea que la información disponible en el sistema de comunicación agricultura, es resultado de la producción y reproducción de sus operaciones comunicativas bajo condiciones de clausura operativa, siendo la única información proveniente del entorno, aquella que es filtrada por los sistemas de conciencia, a través de los acoplamientos estructurales. Los efectos son en su mayoría normalizados por la autopoiesis del sistema agricultura convirtiéndose en información seleccionada, valorada y reestabilizada, a la cual, acceden de nueva cuenta los sistemas de conciencia, a través de los acoplamientos estructurales y, cuyo efecto se expresa en la realidad agrícola como decisiones diferenciadas en el manejo de los agroecosistemas.

## 5. CONCLUSIONES

A través de la historia de las ciencias, el saber prefirió la estabilidad al cambio, toda vez que estos solo se daban a partir de procesos evolutivos y revolucionarios; sin embargo, las nuevas dinámicas del saber promueven cambios acelerados que mejoran la vida, al tiempo que, la amenazan. Es el caso de los problemas ambientales que de alguna manera son el resultado de “avances científicos”, en tanto que el conocimiento exacto, la predicción y manipulación, resultan improbables, por lo que urge pasar del conocimiento excluyente a un conocimiento incluyente que, promueve un nuevo saber, basado en la reintegración de conocimiento y valor, saber científico y moralidad humana. Ahora, la necesaria revolución científica-tecnológica contemporánea debe tener entre sus manifestaciones más profundas, el cambio en el saber humano, la transformación de la ciencia y el conjunto del saber, en otro nuevo tipo. Por tanto, la revolución científica, implica la revolución epistemológica, la sustitución del ideal de la simplicidad, por la complejidad, un nuevo orden de holismo ambientalista y la bioética; con ello, seguramente se logrará el diálogo del saber científico y no científico, un cambio en el objeto de la ciencia, diálogo con la naturaleza, en tanto se reconoce que no solo el hombre es creativo, sino también la naturaleza.

De otro lado, se puede concluir que el pensamiento agroecológico permitió dejar atrás la visión agronómica y ecológica, lo cual representó históricamente el marco teórico sobre el cual se sustentaban los procesos de investigación científica en el ámbito agrícola y, en cambio, ahora se tiene una mirada mucho más compleja que, claramente posibilita abordar dimensiones poco exploradas en ese ámbito hasta ahora, como la sociocultural y la sociopolítica, las cuales son dimensiones fundamentales en la comprensión de la relación sociedad-naturaleza, rebasando con ello, el pensamiento cartesiano, mecanicista-determinista; ahora, para avanzar por la senda de la complejidad, los Agroecólogos han comenzado a construir su objeto de estudio, considerando la multidimensionalidad que le es inherente, trabajando desde la inter y transdisciplina. No obstante, se reconoce que dicho

pensamiento aún sigue siendo fundamentalmente ahistórico, ateórico y acrítico, por lo tanto, no es concordante con la evolución del pensamiento complejo, cuyo basamento teórico considera la historia y se vuelve reflexivo, por lo que se considera que la nueva agroecología está en construcción, un proceso en el que las aportaciones teóricas desde el pensamiento complejo, resultan fundamentales para entender la dinámica agrícola contemporánea.

Por último, se concluye que, los agroecosistemas constituyen verdaderos sistemas abiertos, carentes de límites bien definidos, pero que realizan intercambios con el medio externo, es decir, lo no perteneciente al sistema y, por ende, sus límites serían elegidos por el investigador, considerando aquellos elementos entre los cuales se han podido detectar las relaciones más significativas; dicha delimitación implica establecer un recorte de la realidad o imponer límites más o menos arbitrarios. Desde estas ideas, las condiciones en los límites del agroecosistema, estarán dadas, por los elementos que se dejaron fuera, al definir el sistema y sus interrelaciones con los elementos que quedaron dentro y, se especifican en forma de flujos, siendo la velocidad de cambio el factor más importante para su estudio.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ABBAGNANO, N. (1963). Diccionario de filosofía. México: Fondo de cultura económica.
- ALEXANDRE KOYRÉ AND I. BERNARD COHEN (eds), Isaac Newton's *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 2 vols (Cambridge, 1972), vol. 2, 759-65
- ALTIERI M, TOLEDO VM (2011) The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *J. Peasant Stud.* 38: 587-612.
- ALTIERI, M. (1995). El agroecosistema: determinantes, recursos, procesos y sustentabilidad. In M. A. Altieri (Ed.), *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable* (pp. 22-31). Santiago de Chile: CLADES.
- ALTIERI, M. & NICHOLLS, C. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México DF: Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.
- ALTIERI, M. & TOLEDO, V. (2011). The Agroecological Revolution of Latin America: Rescuing Nature, Securing Food Sovereignty and Empowering Peasants. *Journal of Peasant Studies*, 38, 587-612.
- BEGUN, J. W., DOOLEY, K., y ZIMMERMAN, B. (2003). Health care organizations as complex adaptive systems. En: MICK, S. M., y WYTTENBACH, M. (Eds.), *Advances in Health Care Organization Theory*. San Francisco: Jossey-Bass.
- BEGUN, J.W. 1994. Chaos and Complexity: Frontiers of Organizational Science. II *Journal of Management Inquiry* 3(4):329-335.
- BEGUN, J.W. and R.D. LUKE. 2001. Factors Underlying Organizational Change in Local Health Care Markets, 1982-1995. II *Health Care Management Review* 26(2):62-72.
- BEGUN, J.W. and K.R. WHITE. 1999. The Profession of Nursing as a Complex Adaptive System: Strategies for Change. II Pp. 189-203 in J.J. Kronenfeld (ed.), *Research in the Sociology of Health Care*, vol. 16 (Greenwich, CN: JAI Press).
- BATESON, G. (1993): Una unidad sagrada. Pasos ulteriores hacia una ecología de la mente. Barcelona, Gedisa.
- COHEN, I. B. *Introduction to Newton's 'Principia'* (Cambridge, 1971), pp. 239-45

DESCARTES, René (1977). Meditaciones metafísicas. España: Ediciones Alfaguara.

DESCARTES, R. 1987. Discurso del método; traducción de Arnau Gras, H. ed. Alhambra, Madrid.

DEROSNAY, J. (1996): El hombre simbiótico. Miradas sobre el tercer milenio. Madrid, Cátedra.

DELGADO GUTIÉRREZ, J.A. (2002): Análisis sistémico. Su aplicación a las comunidades humanas. Madrid, CIE Inversiones Editoriales Dossat 2000.

DOMINGUEZ, E. (2006). Pensamiento complejo y educación. Una síntesis de las tesis de Morin. En S. TOBÓN et al. (Eds.), Diseño curricular por competencias. Medellín: Uniciencia.

GARCÍA R. (2008) Sistemas Complejos. Conceptos, Método y Fundamentación Epistemológica de la Investigación Interdisciplinaria. Gedisa. Barcelona, España. 200 pp.

FERRER FIGUERAS, L. (1998): Del paradigma mecanicista de la ciencia al paradigma sistémico. Valencia, Ayuntament de Valencia/Universitat de Valencia.

FERRATER, J. (1988). Diccionario filosófico. Madrid: Alianza editorial.

FERRATER MORA, J. (1988), El juego de la verdad, Barcelona: Destino.

FEYNMAN, R. 2000. El carácter de la ley física. Colección Metatemas. Ed. Tusquet

FEYERABEND, P. 1993. Against Method. Londres: Verso. ISBN 978-0-86091-646-

GHARAJEDAGUI, J. (2008). Prólogo. En E. Herrscher (Autor), Pensamiento sistémico, caminar el cambio o cambiar el camino (pp. 11-23). Buenos Aires: Granica

GELL-MANN, M. (1994). The Quark and the Jaguar: adventures in the Simple and Complex. New York: WH Freeman and Company.

HOLLAND, J. (1995). Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity. Reading: Addison-Wesley.

HERNÁNDEZ, E. (1977). El agroecosistema: Concepto central en el análisis de la enseñanza, la investigación y la educación agrícola en México. En E. Hernández (Ed.), Agroecosistemas de México: contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola (pp. 11-19. Chapingo Méx.: Colegio de Postgraduados.

KUHN, T.S. (1962). The structure of scientific revolutions. 3<sup>a</sup> ed, Chicago: The University of Chicago Press.

KUHN, T. La Estructura de las Revoluciones Científicas. 1971. Fondo Cultura Económica. México.

KUHN, T. 2000. Commensurability, Comparability, Communicability. The Road Since Structure. EEUU: University of Chicago Press. ISBN 0-226-45798-2.

LEÓN, T. (2009). Agroecología: Desafíos de una ciencia ambiental en construcción. En M. A. Altieri (Ed). Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones. (pp: 46-67) Medellín: SOCLA.

LUHMANN, N. (2006) La Sociedad de la Sociedad. Herder – Universidad Iberoamericana. México. 955 pp.

LUHMANN N (2009) Introducción a la Teoría de Sistemas. Universidad Iberoamericana – Instituto Tecnológico de Occidente. México. 420 pp.

LEÓN, S. (2009) Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción. En Vertientes del Pensamiento Agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones. SOCLA. Medellín, Colombia. pp. 46-67.

MANDELBROT, B.1975. Los objetos fractales. Forma, azar y dimensión. Tusquets Editores, S.A., 1993. ISBN 978-84-7223-458-1

MORIN, E. 2001: La mente bien ordenada. Barcelona, Seix Barrall.

MORIN, E. 2007. Introducción al pensamiento complejo. Barcelona: Gedisa.

MORIN, E. (1988). De Culture, signes, critiques, Presses de l'Université de Québec, (Cahiers Recherches et théories, Colección «Symbolique et idéologie», nro. S 16) pp. 65-87. Textos publicados bajo la dirección de Josiane Boulad-Ayoub.

MORIN, E. 1993 El Método I: La Naturaleza de la Naturaleza. Cátedra. Madrid, España. 448 pp.

MORIN, E. 200) La epistemología de la complejidad. Gac. Antropol. Nº 20 [www.ugr.es/~pwlac/G20\\_02Edgar\\_Morin.html](http://www.ugr.es/~pwlac/G20_02Edgar_Morin.html) (Cons. 15/03/2013).

MATURANA, H. y VARELA, F. (1990): El árbol del conocimiento. Madrid, Debate.

NÚÑEZ CUBERO, L. y ROMERO PÉREZ, C. (2003): Pensar la educación. Conceptos y opciones fundamentales. Madrid, Pirámide.

POPPER, K. (1994). El universo abierto. Madrid: Editorial tecnos.

PRIGOGINE, I., y STENGERS, I. (1984). Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature. New York: Bantam.

SALCEDO, M. (2010). Revista CES Psicología. Volumen 3, Número 1, Enero-Junio de 2010. pp. 99-114

SIMMONS, J. (1996). The giant book of scientists — The 100 greatest minds of all time. Sydney: The Book Company.

SOLÉ, R. V., Y MANRUBIA, S. C. 2001. Orden y caos en sistemas complejos. Universidad Politécnica de Cataluña, ISBN 9788483014301

SOTOLONGO PL, DELGADO CJ (2006b) La complejidad y el diálogo transdisciplinario de saberes. En La Revolución Contemporánea del Saber y la Complejidad Social. Hacia unas Ciencias Sociales de Nuevo Tipo. (<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/grupos/soto/cap1.pdf> (Cons. 25/03/2013).

STEWART, I. 2001. ¿Juega Dios a los dados?, Ed. Crítica, Barcelona, ISBN 978-84-8432-881-0.

TAYLOR, F. W. (1911). The principles of scientific management. New York: Harper & Brothers

VON BERTALANFFY, L. (1976): Teoría General de los Sistemas. Madrid, Fondo de Cultura Económica.

WOODWARD, RS (agosto de 1891). "Revisión de Tisserand's Mecanique Céleste". Los Anales de las Matemáticas. 6 (2): 49–56. doi : 10.2307/1967235 . JSTOR 1967235 .