

***“Teoría de la Relatividad, Física cuántica y Teoría del Caos; algunos aportes Epistemológicos y Metodológicos a las Ciencias Sociales”***

**Investigador Principal: Rodrigo Torrealba**

**Co – Investigador: Álvaro Carrasco**

**Co – Investigador: Ramiro Fernández**

**AGOSTO, 2007**

## Resumen:

El presente artículo está compuesto de algunos extractos de una investigación teórica mas extensa, en el marco del fondo concursable de la dirección de investigación e innovación de la Universidad de Las Américas. El presente estudio tiene por finalidad explorar en algunos aspectos teóricos de la física cuántica, teoría del caos y de la relatividad y cómo estas han influido en ciertos elementos de la epistemología y metodología en las ciencias sociales, en el sentido de la construcción del conocimiento, y metodología en tanto sus implicancias prácticas en el desarrollo de las ciencias sociales. Todos los conceptos que empleamos para describir la naturaleza son limitados, no son rasgos de la realidad sino creaciones de la mente, partes del mapa, no del territorio. Ciertas corrientes de pensamiento en las ciencias sociales enfatizan la unidad e interacción mutua existente entre todas las cosas y sucesos. En nuestra vida cotidiana no somos conscientes de esa unidad de todas las cosas, sino que dividimos el mundo social en objetos y sucesos separados. Esta división es útil para enfrentarnos cada día al entorno que nos rodea, pero no constituye un rasgo fundamental de la realidad. También se realiza el análisis de un caso, "La Revolución de los pingüinos" del año 2006, manifestando cómo se hace presentes los aportes de estas teorías en la comprensión de la realidad social, una realidad que se presenta como multidimensional e interrelacionada.

## Las teorías en Física:

### - Relatividad:

Resulta complejo pretender explicar la teoría de la relatividad desarrollada por Einstein –o cualquier teoría física-, sin tener un exquisito trabajo en el mundo de la abstracción matemática y un conocimiento profundo en el desarrollo de la experimentación en física, condiciones que para los propósitos de esta investigación están lejos de ser satisfechas. Primeramente, es importante tener en consideración cual era el estadio del desarrollo científico previo a que la teoría de la relatividad irrumpiera con las impredecibles consecuencias que hasta hoy tiene. En este sentido se puede destacar como primer componente fundamental la geometría euclidiana, la cual se constituye como un punto de partida fundamental – pero a la vez arbitrario – para el desarrollo científico<sup>1</sup>. Este sistema de referencias axiomáticos permitió a los científicos poder describir de manera certera una buena parte, aunque bastante pequeña, de la realidad, lo cual generó la “ilusión” de encontrarse frente a verdades fundamentales del universo.

A partir de este sistema de referencia es sobre el cual se establecen los fundamentos de la mecánica clásica (entendida principalmente al movimiento de los cuerpos) de Newton y Galileo, y sobre el cual emerge el principio de relatividad de Galileo, el cual plantea que las leyes de la física son independientes de cualquier sistema de referencia (inercial). Debemos entender por sistema de referencia inercial un cuerpo que se manifiesta en un movimiento rectilíneo uniforme y que no se ve afectado por la perturbación de ningún otro, así mismo cualquier sistema que se mueva a una velocidad constante respecto de un sistema de referencia inercial puede ser considerado también como un sistema de referencia inercial.

La profundización en los procesos electrodinámicos y ópticos fueron cuestionando los fundamentos de la mecánica de Newton y la concordante relatividad de Galileo, como las únicas leyes referidas al movimiento. A partir de la ley de la constancia de la luz en el vacío, la cual sustenta la teoría de los procesos electromagnéticos, se sucede un primer vuelco epistemológico.

### Antecedentes experimentales:

Por una parte Maxwell, a partir de una serie de ecuaciones – diferenciales parciales - establece los criterios respecto del desplazamiento eléctrico, sobre el cual en vez de establecer la relación entre cargas y fuerzas magnéticas, elabora la concepción de “campos”, la cual proporciona un antecedente fundamental para el desarrollo de la posterior teoría relativista.

*“La idea de campo viene a sustituir el concepto de acción a distancia, según el cual una carga ejerce una fuerza sobre otra a través del espacio. En la nueva concepción, la carga modifica las propiedades de la región del espacio que la rodea de modo tal que otra carga experimentaría una fuerza mientras esté en esa región del espacio, donde se dice que “hay un campo”. (...) gracias al concepto de campo el tratamiento matemático de los fenómenos eléctricos y magnéticos (y también de los gravitacionales los debidos a todas las demás interacciones) se simplifica enormemente. De hecho, la introducción del concepto de campo fue descrita por el mismo Einstein como el cambio en la concepción de la realidad más profundo y fructífero que ha acontecido desde los tiempos de Newton” (Illana, 2005-2006, pág.61)*

Este cambio fundamental surgido desde las ecuaciones de Maxwell se refiere a la geometría del campo eléctrico, donde se describe los cambios de éstos campos cuando se ven influenciados por una densidad o fuente de campo. En términos generales se refiere a como el tiempo y el espacio no pueden ser entendidos como conceptos unívocos independientes del sistema de referencia, sino que estas dimensiones –tiempo y espacio- se encuentra influenciados y relativizados en función de las distintas modificaciones que pueden ejercer sobre ellos los sistemas de referencia.

---

<sup>1</sup> Punto, recta y plano son los conceptos básicos sobre los cuales se construye esta estructura lógica.

Otro descubrimiento fundamental, dice relación con las **transformaciones de Lorentz** (1892), la cual resuelve la disyuntiva entre la mecánica clásica y la ley de la velocidad de la luz, leyes de la física que parecían irreconciliables. En términos prácticos, lo que logra Lorentz a través de sus ecuaciones es hacer compatible la ley de la velocidad de la luz, con la relatividad de Galileo. Es decir que a partir de una transformación de las magnitudes espacio temporales (en factor de Lorentz) se pueden sostener ambas leyes independiente de los sistemas de referencia. Todos los fenómenos físicos tienen su tiempo y espacio asociados en el factor de Lorentz, Además energía y masa también son equivalentes según el factor de Lorentz.

### **Relatividad Especial y General:**

El desarrollo de la **teoría especial de la relatividad**, hizo compatibles la relatividad de Galileo, con la ley de constancia de la velocidad de la luz, estableciéndose que todos los sistemas inerciales son equivalentes, en función del factor de Lorentz, para la velocidad de la luz. Por otra parte a partir del movimiento de los cuerpos (los cuales están cargados eléctricamente), nos encontramos con el fenómeno de las variaciones de la masa en función de la masa electromagnética. Una revolución científica sin duda, sostener que el tiempo no transcurre de la misma forma en todo el universo y que la conformación de los cuerpos cambia en función de su movimiento, hoy día pueden parecer afirmaciones con algún grado de sentido - el cual está lejano al sentido común y la experiencia cotidiana - pero que en la física teórica y experimental de finales del siglo XIX y principios del XX, generaba los más álgidos debates y los máximos empeños de los científicos.

En la mecánica clásica (física pre-relativista) el tiempo jugaba un papel independiente de la posición, por lo que existía la tendencia a tratar el tiempo como un continuo independiente del espacio. En la mecánica de Newton el tiempo era concebido como *“un verdadero matemático (...) y a partir de su propia naturaleza, fluye de manera uniforme sin relación con nada externo”* (Serway 2002 pp 1255), definición que da pie a la idea de un “tiempo absoluto”, premisa sobre la cual se establece también la idea de simultaneidad, dos eventos que se suceden exactamente al mismo tiempo, la cual es asumida como un hecho. Situación que cambia con la idea de espacio cuadrimensional, y que Einstein abandona completamente en la elaboración de la física relativista.

*“(...) en mecánica relativista no hay tal cosa como longitud absoluta o tiempo absoluto. Además, los eventos en diferentes posiciones que ocurren de manera simultánea en un marco, no son simultáneos en otro marco que se mueve de manera uniforme respecto al primero”* (Serway, 2002 pág.1255)

Sintetizando, en la relatividad no existe marcos de referencia inerciales preferentes, es válido situarse sobre cualquier marco de referencia inercial y describir los fenómenos físicos. El tema fundamental está dado porque el situarse en distintos marcos de referencia inercial produce que se midan intervalos de tiempos y distancias distintas, en función del movimiento del sistema de referencia.

Einstein desarrolla también la **relatividad general**, la cual es definida como una teoría de la gravitación. En este sentido vemos que la distribución de la materia determina los campos de gravitación, dicho de otro modo, el campo de gravitación es la curvatura que se manifiesta en el espacio a partir de la influencia de materia.

*“Cabría imaginar que nuestro mundo se comporta en el aspecto geométrico como una superficie que está irregularmente curvada pero que en ningún punto se aparta significativamente de un plano, lo mismo que ocurre, por ejemplo, con la superficie de un lago rizado por débiles olas”* (Einstein, 1998, pág.53)

Uno de los principios básicos de la relatividad general, es el **principio de equivalencia**. Esto es que *“En los alrededores de cualquier punto, un campo gravitacional es equivalente a un marco de referencia acelerado en ausencia de efectos gravitacionales”* (Serway, 1998, pág.1279). Este principio afirma la igualdad entre masa inercial y masa gravitatoria.

Para el desarrollo de su teoría de la gravitación (relatividad general) Einstein introduce el concepto de la **curvatura de espacio-tiempo**, con lo cual se plantea que no existe la fuerza gravitacional, sino que el fenómeno físico entendido como fuerza gravitacional no es otra cosa más que la curvatura que se produce en el espacio-tiempo a partir de la influencia que ejerce la existencia de una masa.

A partir de este razonamiento, se puede establecer que el sol no ejerce una fuerza (gravitacional) sobre los planetas, sino que el fenómeno que se describe dice relación con la curvatura del espacio-tiempo que se presenta por la influencia del astro. Es por esta razón se plantea que la teoría de la relatividad general es una teoría de la gravitación, donde ésta ya no es vista como una fuerza, sino como una distorsión en el espacio-tiempo. Una de las descripciones de mayor impacto en el mundo científico (y no científico) que produjo la relatividad general, es que un rayo de luz que pasa próximo al sol debería desviarse en el espacio tiempo curvo que se crea por la masa del sol. En efecto, la predicción propuesta por Einstein fue confirmada por los astrónomos, lo que amplificó el impacto de la relatividad en la ciencia, y elevó la popularidad y credibilidad del científico, quien construyó un aparato teórico que modificó la ciencia.

*“El espacio le dice a la materia como moverse y la materia le dice al espacio como curvarse” (Serway, 1998, pág.1280), esta es una forma clara de resumir la relatividad general y sus implicancias descrita por John Wheeler.*

Se establecen nuevos criterios para acercarse a la interpretación de la realidad y dar cuenta de ella, y más aún se concibe el mundo físico con propiedades radicalmente distintas a las que establecía la física clásica pre-relativista.

*“En 1915, Einstein propuso su teoría general de la relatividad, en la que el armazón de la teoría primera o especial se amplía para incluir la gravedad, es decir, la atracción mutua de todos los cuerpos sólidos. Mientras que la teoría especial ha sido ya confirmada por innumerables experimentos, la teoría general todavía no se ha podido confirmar de un modo concluyente. Sin embargo, hasta ahora es la teoría de la gravedad más aceptada, más congruente y más elegante, y está siendo ampliamente utilizada en astrofísica y cosmología para la descripción del universo en general”.* (Capra, 2000, pág.26)

#### **- Mecánica Cuántica:**

La mecánica cuántica representa el estudio del microcosmos, de aquello que en nuestra vida cotidiana no podemos observar, sin embargo, esta influye en nuestras vidas de maneras que ni siquiera podemos sospechar. Desde que la ciencia moderna piensa el universo, esta idea se ha ampliado desde la perspectiva de la fluctuación cuántica, la cual plantea que;

*“si hablamos de nuestro Cosmos, nos referimos a 10 elevado a menos 43 segundos ( $t=43$ ) después de la explosión (Big – Bang). Las teorías más visionarias hablan de un “mundo invisible”, habitado por múltiples fuerzas, formas y potencias. Un recipiente de infinitos universos paralelos al nuestro. Un plenum energético cuya actividad intrínseca ocasionalmente permite fluctuaciones cuánticas, es decir, creaciones de partículas y nacimiento de mundos como el nuestro” (Radovic, 2005)*

Desde esta perspectiva, la física cuántica puede entenderse desde el Big Bang hasta aquellas particularidades de la vida cotidiana que pueden ser percibidas por nosotros, por lo tanto es tan profundo este tema que para efectos de esta investigación sólo se abordaran los aspectos más relevante a juicio de los investigadores referidos a la Física Cuántica y que por supuesto sean de utilidad para una mejor comprensión de acuerdo a los objetivos planteados. Para comenzar es necesario hacerlo desde una definición más clásica de lo que se entiende en el mundo científico acerca de la física cuántica, en este contexto Feynman, uno de los mayores exponentes de nuestro tiempo, plantea lo siguiente;

*“La mecánica cuántica es la descripción del comportamiento de la materia y de la luz en todos sus detalles, y en particular, de todo aquello que tiene lugar a escala atómica. A muy pequeña escala, las cosas NO se comportan en absoluto como aquéllas de las cuales tenemos una experiencia directa. No se comportan como ondas, no se comportan como partículas, como nubes ni como bolas de billar, ni como un peso sobre una cuerda, ni como nada que se haya visto jamás” (Feynman, Richard)*

## Reseña histórica de la Mecánica Cuántica

En 1900, el profesor Mark Planck en una conferencia dictada en Berlín, el 14 de diciembre, por primera vez se refirió a la física cuántica, explicando el comportamiento del color de la luz producida por un cuerpo caliente, sin embargo hay una larga lista de fundadores de la mecánica cuántica, dentro de los que se destacan principalmente, Niels Bohr, Louis de Broglie, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Wolfgang Paoli, Max Born, P.A.M. Dirac, y muchos más, sin faltar el mismo Einstein, quien criticó severamente las interpretaciones que sus colegas dieron de la nueva mecánica donde expuso una descripción del mundo microscópico que en nada se parecía al de la experiencia diaria.

Planck por ser el pionero en esta materia, merece ser mencionado aunque sea en forma breve. Planteó el comportamiento del color de la luz producida por un cuerpo caliente. Este fenómeno no nos es totalmente desconocido es sabido que si calienta un pedazo de hierro éste se hace luminoso –mientras más caliente más brillante– y que su luz, como la solar, está compuesta por una extensa gama de colores que puede compararse con el arco iris. A este fenómeno, como el color de una luz, se le asigna una cantidad llamada **frecuencia**. Cuando la luz pasa del rojo al amarillo y luego al violeta la frecuencia crece. Si sigue aumentando la frecuencia, la luz se hará invisible para el ojo humano y se le cataloga como luz ultravioleta. El crecimiento de la frecuencia conduce a otras luces: los rayos X y los llamados "gamma". La organización de las luces en términos de sus frecuencias constituye el espectro electromagnético y la teoría correspondiente ya estaba firmemente establecida cuando Planck realizaba sus estudios. Sin embargo, su aplicación a la emisión de luz por un cuerpo caliente predecía algo absurdo: el aumento de temperatura haría crecer sin límite la frecuencia.<sup>2</sup>

## Principios de la Mecánica Cuántica

En este contexto, la mecánica cuántica señala dentro de sus principios que las partículas atómicas no se comportan como los objetos del mundo macroscópico, sino que tienen propiedades tanto de partículas como de ondas.

Actualmente se puede observar y describir el movimiento de los cuerpos (independientemente de la interacción entre ellos) en función de reglas de conservación (la conservación de momentum, la conservación del momentum angular y la conservación de energía, las cuales no se explicarán en este estudio), se desarrolló la **mecánica clásica**, la cual describe en detalle el movimiento de las partículas bajo hipótesis de que estas están localizadas en el espacio y podemos observarlas sin perturbar apreciablemente sus movimientos. Dichas hipótesis están implícitas, más que establecidas con precisión. Desde esta perspectiva es que se ha estudiado el movimiento de los cuerpos desde un planeta hasta un electrón. En este contexto la mecánica clásica puede arrojar resultados aproximados.

En este contexto, muchos científicos de principios del siglo XX, eran partidarios de la idea que encontrarían respuesta a la ciencia en general y a la física en particular, estaban ad portas de dar respuestas al comportamiento y las leyes de la naturaleza. Newton había dado algunos pasos importantes acerca del movimiento del sistema solar, siendo la observación uno de los indicadores importantes para comenzar, por decirlo de alguna manera, una época donde el cálculo va a ser importante. Básicamente ahora todo queda en un circuito determinista y positivista de la ciencia, siendo estas bases poco a poco cuestionadas por algunos científicos.

---

<sup>2</sup> <http://sepiensa.org.mx/contenidos/cuantica/cuantica-1.html>

*“El descubrimiento de la radioactividad, el efecto fotoeléctrico, la relatividad, la radiación del cuerpo negro, los modelos atómicos, los descubrimientos en el terreno de la astronomía, etc.... no hicieron más que firmar el parte de defunción de una “física clásica” que ya no se sostenía”.*(González)

### **- La teoría del caos:**

La teoría del caos consiste en un conjunto de ideas que exploran la naturaleza global de ciertos sistemas dinámicos que parecen comportarse aleatoriamente pero que en realidad siguen un patrón. En tanto que se aboca al estudio de fenómenos sistémicos y en función de los métodos que ocupa para aproximarse a un problema, la teoría del caos es capaz de caracterizar un sistema en su totalidad.

En su popular libro sobre el tema James Gleick (1988, pág. 6), al igual que otros (Vandervert, 1996 en Blitz y Chamberlain, 1998, pág. 16), sugiere que el surgimiento de la teoría del caos es la tercera revolución científica del siglo XX. Esta área de la ciencia ha sido nutrida por aportes de distintas disciplinas, desde la matemática a la biología; el tratamiento de ciertos problemas es puramente matemático mientras otros científicos de esta orientación se han preguntado cómo es que surge el orden en un universo gobernado por la entropía y atraído inexorablemente hacia un progresivo desorden.

Edward Lorenz, uno de los científicos que ha hecho aportes críticos al desarrollo de esta teoría, precisa que existe una diferencia entre la definición tradicional de caos y la manera que se entiende en el contexto de esta teoría. En el primer sentido, caos es equivalente a un desorden total mientras que, en el segundo sentido, se refieren fenómenos en los que el desorden y la aleatoriedad son solo aparentes, ya que, al mirarlos desde esta perspectiva, se descubre que están en realidad regulados por normas precisas y sencillas; se habla, entonces, de caos determinista. Algunos de estos sistemas pueden incluir una pequeña cuota de aleatoriedad real pero, si esta pudiese ser removida de alguna manera, los sistemas seguirían pareciendo azarosos. Es importante notar que si bien los sistemas caóticos se comportan determinísticamente, ellos nunca son totalmente predecibles.

En términos un poco más técnicos, que trataremos de explicar en este apartado, la *“teoría del caos es el estudio cualitativo del comportamiento aperiódico e inestable en sistemas dinámicos no lineales”* (Kellert, 1993, pág. 2 citado en Chamberlain, 1998, pág. 5).

### **Sistemas no lineales.**

Comencemos definiendo un sistema como un conjunto de partes, factores o variables que interactúan entre sí y, en ciertos casos, con el ambiente. Un *sistema lineal* es aquel en que el efecto es siempre directamente proporcional a la causa. Si observamos un sistema lineal simple de dos variables, la variación en uno de los elementos produce un cambio proporcional en el otro elemento interactuante del sistema. Así, por ejemplo, si yo tengo un servicio telefónico en que me cobran una cantidad fija por minuto, digamos \$100 por minuto, el costo de mi cuenta será directamente proporcional al tiempo que hable. Llevando esta relación a una gráfica obtenemos una línea:

Los sistemas lineales son fáciles de entender y pueden ser expresados por ecuaciones simples. Sin embargo, una gran cantidad, sino la mayoría, de fenómenos físicos, biológicos y psicosociales son, en realidad, de naturaleza no-lineal. No linealidad significa que el cambio en una variable sistémica no produce un cambio o reacción proporcional en la variable relacionada. Una respuesta no lineal simple es, por ejemplo, una respuesta de todo o nada, tal como el congelamiento del agua. A temperaturas mayores que 0° nada pasa, bajo ese umbral el agua se congela. En otro ejemplo, si descartáramos el efecto de la fricción, una ecuación lineal podría dar cuenta de la cantidad de energía que se necesita para acelerar una pelota de fútbol. Sin embargo con la fricción la relación se complica, porque la cantidad de energía cambia dependiendo de cuán rápido se esté moviendo la pelota. No es posible asignar una importancia constante a la fricción, porque su importancia depende en la velocidad y esta, a su vez, depende de la fricción. Así la naturaleza de este tipo de relaciones con frecuencia resulta muy difícil de capturar y calcular pero también posibilitan ricos comportamientos que no se

observan en los sistemas lineales. En otras palabras, no linealidad significa que el acto de jugar va cambiando las reglas del mismo juego.

Campbell (1989 en Williams, 1997, pág. 19) menciona tres diferencias entre fenómenos lineales y no lineales:

- Comportamiento en el tiempo. Los procesos lineales son suaves y regulares, en cambio los no lineales pueden ser regulares en un principio pero frecuentemente adquieren una apariencia errática.
- Respuesta pequeños cambios en el ambiente o a los estímulos. Un proceso lineal cambia suave y proporcionalmente al estímulo; en contraste, la respuesta de un sistema no lineal es frecuentemente mayor que el estímulo.
- Persistencia de pulsos locales. En los sistemas lineales los pulsos declinan y pueden incluso desaparecer con el tiempo. Por otra parte, en los sistemas no lineales los pulsos pueden ser altamente coherentes y pueden persistir por largos períodos, tal vez para siempre.

Los sistemas no lineales son más que la suma de sus partes. Esto significa que en orden de entender el comportamiento de un sistema no lineal es necesario estudiar el sistema como un todo y no las partes aisladas.

### **Sistemas dinámicos**

Los sistemas dinámicos que ocupan a los teóricos del caos se caracterizan por presentar una dependencia sensitiva a las condiciones iniciales, esto implica que pequeñas influencias en los momentos iniciales de un sistema dinámico modifican significativamente el curso y el comportamiento posterior del mismo sistema. Las “condiciones iniciales” no necesitan ser las mismas que existieron cuando el sistema fue creado. Frecuentemente ellas son las condiciones al comienzo de un experimento o un cálculo computacional pero pueden también las primeras de cualquier lapso de tiempo que interesa al investigador (Lorenz, 1995, pág. 9). Una consecuencia inmediata de la dependencia sensitiva en cualquier sistema es la imposibilidad de hacer predicciones perfectas, o incluso mediocres a largo plazo. Esta aseveración presupone que no podemos hacer mediciones que estén libres de incertidumbre. Así pequeñísimas distorsiones en las mediciones de las condiciones iniciales imposibilitan predicciones precisas a largo plazo.

### **Atractores extraños.**

Si observamos fenómenos sistémicos del mundo real nos percatamos que ciertos tipos de comportamiento concebibles simplemente no ocurren. El péndulo de un reloj en buen estado no se moverá suavemente a veces y violentamente otras sino que todos los movimientos oscilatorios serán parecidos. No encontramos tampoco que en Centro América se alcance temperaturas extremas bajo cero. Los estados de cualquier sistema que ocurren reiteradamente, o que lo hacen de modo aproximado, pertenecen a un grupo restringido que se conoce como atractores (Lorenz, 1995, pág. 41).

Hay varios tipos de atractores hacia los cuáles los sistemas dinámicos en evolución tienden a converger. La mayoría de los sistemas no-lineales tienden hacia atractores de estado estable en los que nada ocurre, como en un péndulo en reposo. Un segundo tipo es el atractor de ciclo límite (limit cycle attractor). En estos se observan la interminable repetición del mismo comportamiento, como el péndulo oscilante. Los atractores más interesantes son los caóticos o atractores extraños.

De una manera muy general, se puede decir que los atractores extraños son estados a los que un sistema dinámico es atraído. Muchos sistemas frecuentemente parecen muy caóticos como para poder reconocer un patrón a simple vista, pero, usando ciertos procedimientos es posible obtener representaciones gráficas de ellos. Los atractores extraños viven en el espacio de fases (phase space); este es un espacio hipotético que tiene tantas dimensiones como el número de variables necesarias para especificar un estado de un sistema dinámico dado. Las coordenadas de un punto en el espacio fase son un grupo de valores simultáneos de las

variables (Lorenz, 1995, pág. 211). En el espacio fase el completo estado de conocimiento de acerca de un sistema dinámico en un momento colapsa en un punto. Ese punto es el sistema dinámico en ese instante. Al siguiente instante el sistema habrá cambiado y el punto se moverá. La historia del sistema puede ser graficada por el punto en movimiento, trazando su órbita a través del espacio fase con el paso del tiempo (Gleick, 1998, pág. 135).

Los atractores extraños son como magnetos que restringen las variables sistémicas dentro de ciertos límites, lo que origina un patrón recurrente (Di Bello, 1990, en Chamberlain, 1998, pág. 10). Estos sistemas circulan siguiendo un cierto tipo de ciclo; aunque es posible identificar claramente un patrón, las rutas nunca se repiten exactamente de la misma manera (Wikipedia, 2004) ni se intersectan. Un atractor caótico muestra una forma y tiene límites definidos pero dentro de estos límites el comportamiento del sistema es impredecible. Las variaciones en el comportamiento se reflejan a sí mismas a una escala decreciente y dentro del rango de posibilidades, es decir los atractores extraños muestran una estructura fractal (Peat, 2002, 135).

### **Fractales.**

*“Las montañas no son conos....los rayos no son líneas rectas....las cortezas no son lisas”* (Mandelbrot en Pérez, s/f). Difícilmente podríamos representar óptimamente gran parte de los elementos de la naturaleza utilizando la geometría clásica, de las rectas y las curvas, la geometría euclidiana. Esta geometría es muy útil para describir el mundo artificial, creado por el hombre donde aparecen elementos regulares basados en líneas rectas y curvas sencillas.

Lo que a cada paso encontramos en la naturaleza son irregularidades recurrentes que sin embargo albergan un orden asombroso, la forma del objeto se va repitiendo a distintas escalas en el mismo objeto. Las ramas del árbol o las hojas de un helecho son copias reducida de la forma global de la planta. La geometría fractal es una nueva herramienta para interpretar y explorar la naturaleza.

En términos generales los fractales son formas cuya fragmentación no tiende a desaparecer ni a fluctuar sino más bien permanece sin cambios al amplificar continuamente y refinar la examinación. Por lo tanto, la estructura de cada pieza tiene la llave de toda la estructura. En otras palabras, los fractales son auto-semejantes (Mandelbrot, 1989, pág. 4).

El primer problema que nos presentan los objetos fractales es determinar su longitud. Imaginemos a un escalador y a una hormiga subiendo una montaña. Los obstáculos que en su camino se encuentran son semejantes pero, lo que para el escalador humano se presenta como un grano de arena, para la hormiga es una roca. Si midiésemos la longitud del camino recorrido por ambos, aunque en apariencia es la misma resulta ser, en realidad, distinta; la longitud a escala de un metro no es la misma que a escala de un milímetro. El concepto claro y nítido de longitud, válido para objetos de dimensión entera no tiene el mismo sentido para objetos fractales.

Recordemos que los atractores extraños, el corazón de los sistemas caóticos, son fractales por lo que donde hallemos caos y turbulencia la geometría fractal está en juego. Esto sugiere que el caos y la turbulencia tienen que nacer de los mismos procesos subyacentes que generan montañas, nubes y líneas costeras, o formas orgánicas naturales tales como pulmones, sistemas nerviosos y sistemas circulatorios. Ahora podemos entender las complejas ramificaciones de un pulmón humano como un reflejo del movimiento caótico de un río en rápido flujo. Ambos emergen de un orden fractal. Fractales y atractores extraños son hermanos matemáticos, ambos buscan la estructura profunda de la irregularidad. Los fractales constituyen un nuevo lenguaje para describir las formas del Caos (Pérez, s/f).

### **Auto-organización.**

La entropía es un principio que plantea que en un sistema energético cerrado, las transformaciones de energía son posibles en tanto que hay diferencias de intensidad. En un sistema tal, las transformaciones van reduciendo la energía disponible de modo que en determinado momento se llega a un punto de equilibrio, a partir del cual, ya no son posibles

más transformaciones. El concepto de entropía surgió, a fines del siglo XIX, en la ingeniería al estudiar la termodinámica de sistemas mecánicos cerrados. En un sistema cerrado no existe interacción con el medio externo. En las palabras de Sheldrake (1981 en Francis, 1998, pág. 149):

*“De acuerdo a la segunda ley de la termodinámica, los procesos espontáneos dentro de un sistema cerrado tienden a un estado de equilibrio; al hacerlo, las diferencias iniciales en la temperatura, presión, etc. entre las diferentes partes de un sistema tienden a desaparecer”.*

Esta noción, tal como se entiende en el estudio de la termodinámica, tiene un uso limitado en las ciencias que trabajan con sistemas dinámicos abiertos que mantienen un intercambio permanente con el medio y que, por lo tanto, los mantiene alejados del equilibrio.

Prigogine observó que, frecuentemente, en estados alejados del equilibrio los sistemas de manera espontánea se reorganizan así mismos, que desde el caos surgía el orden. Al alcanzar un punto de bifurcación un sistema puede entrar en una creciente fragmentación caótica o a una nueva configuración que mantendrá un equilibrio dinámico por cierto tiempo. Durante períodos de estabilidad, los sistemas tienden a mantener el patrón funcional; mientras que durante períodos de irrupción, desorden, confusión e irregularidad se engendra el cambio y el nuevo patrón.

La construcción de sus nidos por parte de las termitas nos provee de un buen ejemplo de la auto-organización de ciertos sistemas:

*“Ninguna burocracia central dirige el trabajo de las termitas. Al principio las termitas van de aquí para allá al azar recogiendo terrones y transportándolos de un lugar al otro. Mientras lo hacen, impregnan su carga con una gota de un agente químico que atrae a otras termitas. Aleatoriamente se forman concentraciones más elevadas en una zona, la cual luego se convierte en foco de atracción para otras termitas y sus terrones. Surgen columnas y la actividad de las termitas se correlaciona hasta que el nido está construido” (Briggs y Peat, 1990, pág. 142).*

Estos son sistemas abiertos que absorben energía del medio circundante y producen entropía (desechos) que se disipa hacia el exterior, de allí que se les nominó estructuras disipativas. Así, este tipo de sistema muestra una entropía total menor que cero, o dicho de otra manera, subsiste gracias a que se encuentra en un estado dinámico de desequilibrio (Schueler & Schueler, 2001). El nombre “estructura disipativas” expresa una paradoja central de la visión de Prigogine ya que “disipación” sugiere caos y disolución mientras que “estructura” implica orden (Briggs y Peat, 1990, pág. 143). Algunas estructuras disipativas muestran una particular propiedad denominada autopoiesis. La particularidad de estos sistemas radica en que mediante el intercambio con el medio, adquieren los materiales para constituirse a sí mismos, es decir todos los sistemas vivos son autopoieticos.

Cuando se observa a un sistema disipativo, este se muestra, en términos generales, estable pero hay muchos momentos de fluctuación. La estabilidad de los sistemas que se organizan a sí mismos es extremadamente dinámica y no debe ser confundida con el equilibrio o la homeostasis. Consiste en mantener la misma estructura general a pesar de los continuos cambios y sustituciones que tienen lugar en sus componentes (Capra, 1992, pág. 114).

Los dos principales fenómenos dinámicos de la auto-organización son la auto-renovación -la capacidad de los sistemas vivientes de renovar y recuperar continuamente sus componentes conservando la integridad de su estructura general- y la auto-trascendencia -la capacidad de superar de manera creativa los límites en los procesos de aprendizaje, desarrollo y evolución (Capra, 1992, pág. 312).

## **Implicaciones epistemológicas y metodológicas de los avances de las ciencias naturales en las ciencias sociales**

### **- Alcances Generales**

Como lo señala David Bohm<sup>3</sup>, uno de los principales investigadores de la teoría cuántica: llegamos a un nuevo concepto de inquebrantable totalidad, que niega la idea clásica del análisis del mundo en partes separadas e independientes. El concepto clásico usual de que las “partes elementales” independientes son la realidad fundamental del mundo y que los diversos sistemas sean meramente formas y ordenamientos particulares de esas partes ha sido invertido. En lugar de ello decimos más bien que la realidad fundamental es la inseparable interrelación cuántica de todo el universo y que las partes que parecen funcionar de un modo relativamente independiente son simplemente formas contingentes y particulares dentro de todo ese conjunto. A nivel atómico los “objetos” solamente pueden ser comprendidos en términos de una interacción entre los procesos de preparación y de medición. El final de esta cadena será siempre la conciencia del observador humano. Lo que nosotros observamos no es la naturaleza misma, sino la naturaleza expuesta a nuestro método de interrogación.

El observador decide cómo va a establecer la medición y esta decisión determinará hasta cierto punto las propiedades del objeto observado. Si se modificaran las características del experimento las propiedades del objeto observado cambiarían a su vez. Al igual que en la física atómica, en las ciencias sociales el científico no puede jugar el papel de un observador imparcial objetivo, sino que se ve involucrado e inmerso en el mundo que observa hasta el punto en que influencia las propiedades de los objetos observados.

En éste contexto se puede introducir la Teoría del Caos, situándola sobre la idea de impredecibilidad de los eventos (sociales, naturales, físico, químico) pareciera que se contraponen con la definición misma de la ciencia, sin embargo amplía su gama de posibilidades en función de los distintos ordenamientos que se pueden generar desde un estado primario como lo es el caos. Que el caos sea un estado que prime en el mundo de las ciencias no implica que el orden, a su vez, no lo haga. Una paradoja que se hace de sentido cuando vemos las constantes re-configuraciones propias del conocimiento en general. La no-linealidad, antes mencionada, es una de las características que da cuenta de la novedosa y provocadora propuestas que presenta el caos en la ciencia en general.

### **- Argumentos epistemológicos. Kuhn, Popper y Gadamer:**

En el ámbito epistemológico, en el terreno donde se establecen las bases de lo que debemos entender por conocimiento científico, las teorías físicas presentadas propician un nuevo escenario y por tanto nuevas formas de concebir y organizar el conocimiento de la realidad. Así es como la ciencia en su génesis establecía una clara distinción entre sujeto-objeto, y presentaba la realidad como externa e independiente del sujeto, realidad que se pretende describir y explicar para finalmente poder predecir. A partir de la descomposición de la realidad en pequeñas partes y del estudio particular de esas porciones se podría llegar al conocimiento y explicación de la realidad en su conjunto, en un sentido acumulativo del conocimiento. Tanto la idea de acumulación como la de atomización y la búsqueda de certezas sobre la cual se edifica la ciencia se ven cuestionadas por el desarrollo de la relatividad en un primer momento, la teoría del caos, y la mecánica cuántica, a partir del descubrimiento de características del universo distintas a las que se concebía desde la mecánica clásica. Así, a mediados del siglo XX el debate epistemológico presenta diversas propuestas de lo que se debe entender por conocimiento científico, y por tanto de cómo se debe enfrentar el problema acerca del conocimiento de la realidad.

Entre quienes se encontraban en este debate sobre qué es la ciencia -pregunta que se hace frecuente en la comunidad epistemológica científica luego de que se cuestionan algunas certezas fundamentales a partir de la transformación, por ejemplo, de la mecánica de Newton con la aparición de la Relatividad- encontramos a Thomas Kuhn, quien sobre la idea de

---

<sup>3</sup> Gonzalez, R.: Un acercamiento a un inquietante aspecto de la mecánica cuántica” Madrid. 2000. España.

paradigmas científicos, marcos sobre los cuales se edifica el conocimiento y que establece las pautas que debe seguir la investigación. Kuhn, sostiene la posibilidad de *“una imagen nueva de la ciencia”*, que se sustenta sobre la idea de revolución científica, a partir de la construcción de paradigmas. Donde la ciencia se encuentra en constantes cambios paradigmáticos a partir de los nuevos descubrimientos que cuestionan las “verdades” precedentes.

La objetividad, es decir, esa verdad que hay que buscar, que se encuentra presente, externa y donde la labor del científico es descubrirla a partir del progreso sistemático, ya no se sostiene con la irrefutabilidad de principios del siglo XX. Sobre esto Kuhn sostiene que:

*“El resultado de todas estas dudas y dificultades es una revolución historiográfica en el estudio de la ciencia (...) así, algunos historiadores de las ciencias han comenzado a plantear nuevos tipos de preguntas y a trazar líneas diferentes de desarrollo para la ciencia que, frecuentemente, nada tienen de acumulativas” (Kuhn, 1962, pág.23).*

De esta manera rechaza la idea de progreso científico, como ese camino sistemático que nos acerca a las verdades y al conocimiento objetivo.

En este sentido la difusión de los paradigmas científicos se establece a partir de la persuasión, la cual se logra desde la diseminación de los nuevos hallazgos que solucionen, den respuesta a las contradicciones y vacíos anteriores. Por ejemplo, vemos el problema que presentaba el éter en la mecánica clásica, medio hipotético que era la respuesta a aspectos referidos al movimiento que no podían ser explicados, y el cual su existencia no pudo ser probada a pesar del convencimiento y la convicción de los científicos de su existencia, no por su sustento propio, sino por lo que significaba como sustento para todo un constructo respecto de cómo analizar el movimiento y por tanto una forma de acercarse a la “realidad”.

También Kuhn da cuenta del momento de la defensa del paradigma tradicional, en este caso la mecánica de Newton y Galileo, en el cual aparece lo que denomina “círculo de protección” y que no es más que los constructos tradicionales representados por una comunidad científica determinada probando y rechazando constantemente la inquisidora nueva mirada, o nuevo punto de referencia, que pretende consolidarse como paradigma. En efecto, los newtonianos rechazaban las pruebas en contra del éter –que estaban dadas por la imposibilidad de medirlo y por tanto probarlo- y mantenían sus edificaciones sobre esta hipótesis, organizándose de esta forma como el círculo de protección que observa Kuhn, que se resiste a reconocer como pruebas las *“experiencias anómalas”*, por ejemplo en no poder medir el éter, y donde se hacen fundamentales los *“experimentos cruciales”* como lo es la experiencia del Interferómetro.

Kuhn hace referencia explícita al cambio que supone la relatividad, y se puede afirmar que este cambio posibilita la lectura que realiza, sino que además la nutre, esto en el sentido del cambio de *“universo”* al cual se hace referencia, y es gracias a este cambio que la ciencia puede observarse desde prismas diferentes. Si antes el mundo, y por tanto la ciencia, era plano y homogéneo, ahora se presenta como curvo y relativizado en función de la incidencia que tiene el tiempo y la materia sobre el espacio. Así la ciencia edificada sobre este plano, se desmorona y emerge la posibilidad de que el conocimiento no sea unívoco, que no exista “esa verdad” que se debe aprehender, sino que la construcción de ese conocimiento se verá determinada por las características espacios temporales que lo condicionan. Así, lo que en un momento se concebía como verdadero en términos de conocimiento científico, en otro espacio tiempo puede dejar de serlo y los paradigmas científicos determinarán lo que entendamos por universo y conocimiento del mismo y por tanto, metodológicamente, implantarán los objetivos e hipótesis de las investigaciones científicas que se realicen.

En este mismo sentido, Kuhn sostiene que la ciencia no se constituye naturalmente como crítica, o sea que se desarrolle en el continuo ejercicio de desarmar y elaborar nuevos paradigmas, sino que por el contrario, en las ciencias duras la idea está dada por la constante probación de los postulados que la sostienen y en la profundización de los mismos, lo que Kuhn señala como *“ciencia normal”*. Y que en alguna medida es la crítica que desarrolla Popper, al plantear la falsación como método de investigación científica. *“Así pues, en su*

*estado normal, la comunidad científica es un instrumento inmensamente eficiente para resolver los problemas o los enigmas que define su paradigma”(Kuhn, 1962, Pág. 256)*

La mecánica cuántica por su parte también ejerce su influencia y propicia el debate en el nivel epistemológico. Es así como Popper se ocupa de analizar esta teoría estableciendo primeramente que debe ser entendida como una teoría estadística, a partir del principio de incertidumbre que propone Heisenberg. Y se puede establecer que en gran medida se encuentra de acuerdo con los resultados que propone la mecánica cuántica, sin embargo cuestiona la interpretación de éstos.

Popper reconoce que la labor del experimentador se funda en construir condiciones iniciales, y que desde la teoría cuántica no se pueden establecer medidas exactas, sino que aproximaciones probabilísticas. *“Toda selección física puede considerarse, desde luego, como una medición, y cabe emplearla realmente como tal (...) Por otro lado, no hemos de considerar toda medición como una selección física”* (Popper, 2003, pág. 211). Sin embargo crítica aquellas afirmaciones que cuestionan la objetividad del conocimiento científico y la separación radical entre sujeto-objeto que prima en el espíritu de las ciencias físicas y sobre todo en las sociales en gran parte del siglo XX.

La crítica de Popper a la mecánica cuántica y mas precisamente al principio de incertidumbre de Heisenberg reside en la capacidad predictiva de la ciencia. En este sentido desde Heisenberg es imposible medir la trayectoria de una partícula, ya que solo se pueden tener mediciones de momentos y de posiciones indistintamente, argumento que Popper reconoce, ya que toda medición de posición interfiere con el momento, así la idea de trayectoria carece de significado. Sin embargo Popper plantea la posibilidad de establecer mediciones de distintas posiciones, posiciones precedidas y anteceditas por momentos, lo que permitiría calcular la trayectoria que se produjo entre ambas mediciones, esta idea de “cálculos exactos” es despreciada por Heisenberg, ya que se funda en el supuesto de que nada interfiere entre ambas mediciones, y por tanto no son contrastables. Esta posibilidad de medición presentada por Popper, es la que sustenta su crítica, ya que la existencia de estas mediciones –que para quienes adhieren a la mecánica cuántica carecen de sentido (la idea de trayectoria no tiene fundamento, por tanto la predictividad, y como consecuencia mas dramática la objetividad científica)- hacen posible la contrastación del principio de incertidumbre de Heisenberg, sin los cálculos exactos sería imposible contrastar las predicciones estadísticas de la mecánica cuántica. Es decir que a partir de la definición de una trayectoria desde el formalismo que esta implica, se hace posible la probabilidad estadística del mundo cuántico en el sentido de su contrastación con esa posibilidad de “cálculos exactos”

En este sentido Popper somete a su programa de falsación el principio de incertidumbre donde el vuelco está dado en la interpretación que se construye desde la teoría cuántica, rescatando fundamentalmente el carácter objetivo de la ciencia que Heisenberg, Bohr, Schillick, entre otros, cuestionaron drásticamente desde el punto de vista de las construcciones y definiciones espacio-temporales.

Lo interesante en este punto se manifiesta en la existencia de este debate en el terreno epistemológico que deviene del mundo de la experimentación y teorización física y que se presenta como antecedente para la emergencia de nuevas propuestas tanto epistemológicas como metodológicas en las ciencias sociales. Popper busca rescatar el carácter objetivo de la ciencia, sin embargo la física misma ha sembrado la duda y posibilitado su crítica, y Popper al mismo tiempo plantea un modelo distinto al de la tradicional comprobación, lo cual también cambia el escenario, los puntos de referencia desde los cuales puede ser interpretado el conocimiento y el ejercicio, la investigación científica.

En este contexto, emergen –mas bien cobran fuerza- posiciones disidentes a la positivista de unificación de las ciencias radicalizada con el círculo de Viena, sosteniendo que los procesos sociales no pueden ser conocidos con los mismos medios y fines que los fenómenos físicos. Crítica que emerge con Dilthey a mediados del siglo XIX, quién se presenta como antecedente de este nuevo modelo de conocimiento, a partir de sus estudios historiográficos, y la proposición de la idea de las ciencias del espíritu diferenciadas de las ciencias físicas. En la sociología empieza a ganar espacio la idea de comprensión (*verstehen*), diseminada por

Weber, con correspondencias en Gadamer y Heidegger, quienes proponen la hermenéutica como método de acercamiento a la realidad y busca instaurar el “sentido” como agente fundamental para la construcción de conocimiento, en una posición distinta y opuesta a la positivista imperante.

Para Gadamer el transcurso del tiempo crea sentido, lo reformula, dando cuenta de la importancia de la dimensión temporal –trascendencia que se hace manifiesta y probada desde la relatividad de Einstein en física, de la cual ya daba cuenta Dilthey medio siglo antes-.

La comprensión está dada por la una conciencia formada hermeneúticamente, donde el sujeto debe presentarse abierto, receptivo a la alteridad que supone el objeto de estudio –en este caso textos, relatos, etc.- lo que no implica una supuesta neutralidad, sino que el reconocimiento en distintos niveles de las propias opiniones, los prejuicios que subyacen y orientaran la propia interpretación y comprensión. El sujeto se ve afectado por el objeto, ya no existe esa separación radical que supone la objetividad y por tanto las explicaciones causales. Como lo señala la relatividad, el espacio se ve transformado por la existencia de materia y el sistema de referencia determina la descripción que podamos hacer de los fenómenos.

Para Gadamer el prejuicio ha sido despreciado por la razón ilustrada y por tanto del conocimiento científico. El científico debía desligarse de todas sus preconcepciones y preconceptos para poder dar cuenta de la realidad objetiva. Sin embargo desde las referencias físicas la objetividad, si bien no desaparece como lo rescata Popper, a lo menos ha cambiado y ha sido llevada al terreno de las probabilidades, lo que en gran medida da pie a la valoración subjetiva –histórica- que supone el prejuicio en Gadamer, que sustenta la posibilidad de pensar ciencias diferenciadas metódicamente como una razón histórica, no una razón absoluta o desvinculada de la ilustración como su proceso productor. En este sentido el prejuicio no se asume como un juicio falso, sino que a un concepto que puede ser valorado, ya sea de manera positiva o negativa (Gadamer, 1997)

*“Comprender significa primeramente entenderse en la cosa, y sólo secundariamente destacar y comprender la opinión del otro como tal”* (Gadamer, 1997, pág.364), esa capacidad de asumirse como sujeto-objeto al mismo tiempo que se hace necesario en el desarrollo epistemológico y metodológico de las ciencias sociales, está marcado por el desarrollo de las teorías físicas en cuestión. En la relatividad existe una referencia para dar cuenta de un universo que no es plano donde existe relación entre todos sus componentes en distintos niveles. En este sentido Gadamer, refiriéndose a la hermenéutica como medio de comprensión, señala que el recorrido temporal y su significación para comprender resultan fundamentales, cuestión que en la hermenéutica romántica no se consideraba, en gran medida ya que el universo era concebido desde la mecánica clásica. Por lo tanto el lenguaje podrá ser concebido en distintas dimensiones, no solo en un nivel referencial determinado y “ajeno” a las condicionantes socio-históricas que definen la comprensión.

En este sentido no se puede desconocer la trascendencia de las teorías físicas en cuestión en la posibilidad de desarrollo de nuevas propuestas epistemológicas y en el método, que proliferan las últimas dos décadas del siglo XX en ciencias sociales, y que marcan la discusión en torno a la ciencia durante este siglo. Se debe conceder a los menos una apertura de la ciencia dada por una corriente que critica al positivismo, crítica que tiene argumentos en las producciones del mismo modelo positivista, a partir del desarrollo de la física. Las concepciones de universo y de realidad que se sostienen desde la física, posibilitan la definición de un universo multidimensional, que propicia la diferenciación de las ciencias, traduciéndose también en una multiplicidad metódica. Debate epistemológico que deviene en la elaboración de metodologías alternativas a las físicas positivistas (en gran medida desde ellas) y que se organizan en torno a una posición crítica.

#### **- Aportes en la psicología.**

Una de las principales implicaciones de la revisión de las teorías científicas abordadas tiene que ver con el énfasis en el enfoque sistémico por sobre las visiones estructuralistas y mecánicas. Históricamente, debido en parte a las limitaciones en el procesamiento de

información de la mente humana, ha sido mucho más fácil disectar los fenómenos en sus elementos constituyentes para estudiarlos. Este modo analítico ha atomizado la realidad y nuestro entendimiento de ella. Además, la visión mecánica, ha descansado en el determinismo de las leyes de causa y efecto y en la predictibilidad del comportamiento natural. Sin embargo las tres teorías científicas estudiadas nos indican que la realidad es un sistema, una intrincada red en la cual nosotros somos uno de sus nodos. En la nueva visión del universo la realidad parece encontrarse unificada en el nivel más profundo, parecen que ciertas leyes se aplican a ciertos niveles mientras en otros aplican otras leyes. La no predictibilidad es un aspecto intrínseco en nuestro modo actual de comprender la naturaleza, la certeza ha desaparecido del horizonte y ahora el entendimiento es probabilístico, en el mejor de los casos.

### ***Unus mundus***

La visión unitaria de la realidad en un nivel básico es una idea antigua (Capra, 1975). *Unus Mundus* es un concepto alquimista que refiere a la original unidad, sin diferencias, del mundo o del ser. Esta es la base donde las formas materiales se encuentran pero es también la raíz del mundo psíquico. La visión en la que physis y psique son independientes ha sido puesta en duda por la física cuántica. Una de las conclusiones principales, en esta área de las ciencias físicas, es que el acto de observación determina las propiedades de ciertas partículas sub-atómicas. No se puede hablar de las propiedades de un objeto como tal, ellas son solo significativas en el contexto de la interacción sujeto-objeto. Es importante notar que esto ocurre no debido a la imperfección de las técnicas de medición sino a la naturaleza del comportamiento de la realidad sub-atómica. En el universo cuántico, el científico no puede jugar el rol de un observador objetivo, sino que se involucra en el mundo que observa al punto de que él influye las propiedades de los objetos observados. (Capra, 1975, pág. 140-141). La división cartesiana entre yo y el mundo, entre el observador y lo observado, no se puede hacer cuando se trata con el nivel sub-atómico.

Complementariamente a la visión de la física cuántica, surgió en la psicología la visión de que en la descripción de las capas más profundas del inconsciente colectivo, nosotros nos aproximamos a algo no observable que no es distinguible de la materia. Desde este enfoque, psique y physis serían aspectos de una misma y trascendente realidad única (Jung y Pauli, 2001, pág. 101 y 106). Al explorar tanto la psique como la materia, se llega a factores trascendentes, -irrepresentables- que, al principio, parecen tener caracteres opuestos y, al final, parecen tener afinidad. Jung conjeturó que el aspecto desconocido de la materia y el aspecto desconocido de la psique podrían tener un trasfondo trascendental común. La multiplicidad de nuestro mundo interior y exterior descansaría sobre una unidad subyacente. La realidad unitaria trascendental en que psique y physis se comunican y, el modo de esta comunicación, es el último *mysterium conjunctionis*, a la vez principio primordial y pleroma final (Sainz, 1983).

Jung sostenía que el *unus mundus* contenía todas la precondiciones que determinan las formas del mundo empírico. Estas precondiciones serían arquetípicas, actuando como principios de organización de los fenómenos psíquicos, físicos y biológicos (Jung y Pauli, 2001, pág. 98 y 126,). Esta visión ya la compartía Pauli con Jung en una carta del año 1953: "*Cuando usted dice que 'la psique es parcialmente de una naturaleza material' entonces para mí como físico esto toma la forma de una declaración metafísica. Yo prefiero decir que la psique y la materia están gobernadas por principios de ordenamiento no representables en sí mismos, neutrales y comunes*" (Jung y Pauli, 2001, pág. 106-107 y 113). Cuando estos patrones de organización operan en el dominio de la psique, ellos son los organizadores dinámicos de imágenes e ideas; cuando operan en el ámbito de la física, ellos son los principios formativos de la materia y la energía (Card, 1996). Principios de organización actuando en el *unus mundus* dan origen al mundo fenomenológico, sea físico, biológico o psíquico.

La hipótesis sobre la existencia de principios de organización comunes para psique y materia encuentra respaldo, según Pauli, en el poder de los números para referirse a la realidad: "*La existencia de ideas matemáticas que también pueden ser aplicadas en la física me parece solamente posible como una consecuencia de la homo-usia [identidad esencial] del mundus archetypus. En este punto, el arquetipo del número siempre entra en operación....Es este arquetipo del número que en última instancia hace posible la aplicación de las matemáticas en*

la física. Por otra parte, el mismo arquetipo tiene una conexión con la psique (trinidad, cuaternidad, mántica, etc.)" (Jung y Pauli, 2001, pág. 106 y 107). Esta idea fue apoyada por Jung: "[el número] puede bien ser el más primitivo elemento de orden en la , mente humana...por lo tanto definimos los números psicológicamente como un arquetipo de orden que se ha hecho consciente" (Card, 1996; ver también Jung y Pauli, 2001, pág. 127). Marie Louis Von Franz, que continuó la exploración de estas ideas de Pauli y Jung, escribe: "Los números naturales parecen representar los típicos, universalmente recurrentes, patrones de movimiento común de la energía psíquica y física. Ya que estos patrones de movimiento (números) son idénticos para ambas formas de energía, la mente humana aprehende el fenómeno del mundo externo. Esto significa que los patrones de movimiento engendran "modelos de pensamiento y de estructura" en la mente humana, lo cuales pueden ser aplicados al fenómeno físico y lograr una congruencia relativa" (en Card, 1996).

La unidad esencial de psique y physis se manifiesta, opinaba Jung, en los fenómenos sincronísticos. En estos casos un mismo significado se expresa en el plano psíquico y en el físico. Ambos eventos comparten un momento y las cualidades de ese tiempo. La relación no es tipo causal. La sincronicidad es un principio explicativo complementario al de la causalidad. Un evento sincronístico puede, por ejemplo, consistir ya sea en algo previsto en un sueño o de varios eventos externos e internos que aparecen conectados mediante su significado o que son coincidentes de alguna manera improbable. Si rompemos los prejuicios impuestos por cierta pseudo racionalidad científicista dominada por la causalidad, la interpretación de los fenómenos sincronísticos puede ofrecernos nueva luz sobre acontecimientos significativos que, muchas veces, desechamos como pura casualidad.

Por otra parte, Bohr (citado en Sainz, 1983) refiriéndose al principio de complementariedad explicaba que "las estructuras microfísicas ofrecen aspectos diferentes si observadas bajo condiciones experimentales diferentes". Este hecho imponía una decisión que Pauli describe como la libre elección del experimentador (u observador) para decidir...qué conocimientos ganará y cuáles perderá, o para ponerlo en lenguaje popular, si medirá A y arruinará B o arruinará A y medirá B (citado en Sainz, 1983). Por eso, para Heisenberg, "el concepto de complementariedad intenta describir una situación en que se puede observar un único y mismo suceso desde dos diferentes marcos de referencia. Ambos marcos se excluyen mutuamente y también se complementan, y sólo la yuxtaposición de estos marcos opuestos proporciona una observación exhaustiva de las apariencias fenoménicas" (citado en Sainz, 1983). Por ejemplo, en el fenómeno de la luz, la complementariedad corpúsculo-onda. Una única descripción "esto es onda" o "esto es una partícula" nunca es suficiente para agotar la riqueza del sistema cuántico. Los sistemas cuánticos demandan la sobreposición de varias descripciones complementarias que tomadas en conjunto aparecen paradójicas e incluso contradictorias. La teoría cuántica impuso una nueva lógica respecto al mundo. Bohr creía que la complementariedad era más general que una descripción de la naturaleza de los electrones y debía ser comprendido como un mecanismo básico del funcionamiento de la mente. La lógica aristotélica sostenía que una cosa es A o no A. la física cuántica indicaba un mundo en el cual ciertos fenómenos pueden ser A y no A. Cada acto de medición en una interrogación a la naturaleza. La respuesta depende en cómo se formule la pregunta por lo que las propiedades que observamos son en cierta medida el producto de la medición misma.

Para Heisenberg hay una analogía entre esta complementariedad física y el dualismo psique-physis. Pauli también pensó que la situación epistemológica respecto a los conceptos "consciente" e "inconsciente" parecía ofrecer analogía bastante próxima con la.. .situación de complementariedad en la Física. El mismo Jung propone algunas instancias: síntomas neuróticos desaparecían cuando los contenidos alcanzaban el umbral de la consciencia. También en psicología el sujeto observador no sólo modificaba los fenómenos en el transfondo inconsciente, sino que, además, el inconsciente psicoide, por sus efectos organizadores, cambiaba los resultados conscientes. Jung también había observado que los fenómenos sincronísticos siempre ocurrían cuando la energía psíquica era interiorizada hacia el inconsciente, como en el estado de trance. Y, a la inversa: los fenómenos sincronísticos terminaban en el momento en que comenzaban los procesos conscientes. En el fondo, tanto la Psicología como la Física afirman una situación límite paradójica, -una *coincidentia oppositorum*. El principio de complementariedad añade al mero paralelismo psico-físico una

co-relación y co-referencia de fenómenos que acentúa lo significativo de la coincidencia, ya que ésta se da a pesar de la oposición. Por otra parte, la incidencia del observador, o de sus modelos mentales, sobre el fenómeno observado se hace más patente. ¿La co-relación y coreferencia mente-cuerpo podrían ser interpretadas como aspectos complementarios de la misma realidad? Ni Jung ni Pauli excluyen esa posibilidad, en sus ensayos respectivos (Sainz, pág. 420-421).

### ***Los límites del lenguaje.***

La teoría pictórica del lenguaje es una posición epistemológica que sostiene que el conocimiento consiste en representaciones mentales del mundo externo. Para quienes se adscriben a este enfoque las palabras representan a objetos del mundo y las relaciones entre las palabras representan las relaciones entre los objetos. Una proposición será verdadera en la medida que refleje adecuadamente el mundo. En esta concepción todos los términos serían nominativos.

El estudio del mundo de los átomos forzó a los físicos a reconocer que nuestro lenguaje común es no solo impreciso sino inadecuado para describir la realidad subatómica. La teoría cuántica y la teoría de la relatividad han mostrado con claridad que esta realidad trasciende la lógica clásica y que no podemos hablar acerca de ella en el lenguaje ordinario. En tanto que nuestro lenguaje surge en el ámbito del mundo macroscópico, donde el tiempo y el espacio parecen coordenadas regulares y absolutas, las palabras resultan completamente inapropiadas para tratar de referirnos al mundo de lo extremadamente pequeño o de lo que se mueve a la velocidad de la luz.

Desde tiempos ancestrales, la curiosidad, la búsqueda de explicaciones ante los fenómenos naturales, del sentido de la vida y su impulso al desarrollo, han llevado al hombre a referirse a dimensiones trascendentes a su experiencia de lo concreto; ante esta tarea, el poder representativo del lenguaje lógico y racional ha mostrado ser insuficiente. La religión ha reconocido estos límites al hablar acerca de la experiencia de lo divino y lo espiritual. Las religiones han sido particularmente conscientes de la incapacidad de nuestro lenguaje para referirse a la realidad última de la naturaleza. Uno de muchos ejemplos puede encontrarse en el budismo Zen, en donde se propone que el camino hacia el satori debería recorrerse lejos de la razón, la lógica y el lenguaje. Célebres son los koan, que podemos intentar definir como paradojas lingüísticas que ayudan al estudiante Zen en la búsqueda de la iluminación: ¿Cuál es tu rostro original antes que nacieras? (Suzuki, pág. 133). En el arte y la psicología damos cuenta también de las dificultades del lenguaje cotidiano para expresar ciertas vivencias emocionales del ser humano.

Cuando nos encontramos en estas fronteras, el lenguaje simbólico nos acerca, al menos de manera aproximada a estas entidades energéticas, ya sean estas de tipo trascendente o emocional. La metafísica neoplatónica, el arte romántico y el simbólico, así como la perspectiva hermética y la psicología jungiana dan cuenta de la función del símbolo en tanto referente de algo más allá de las capacidades humanas racionales (ECO, 1994). El símbolo es una forma o imagen que representa, de manera aproximada, algo que, a pesar de nuestra incapacidad racional para aprehenderlo y expresarlo, existe y pulsa. La pulsión establece vínculos con ciertos objetos de simbolización. No se vincula cualquier imagen, no existe una arbitrariedad absoluta en la elección del símbolo sino que la psique procede en función de una cierta similitud entre lo representado y lo representante (Jung, 1993, pág.118). Puesto que las posibilidades de conexión son tantas, hay mucha variación en las analogías que cada persona establece. Esta variedad puede ser de hecho infinita si se adopta una noción de simpatía universal o, dicho de otro modo, de una interconexión y semejanza entre todos los elementos del universo.

### ***Caos, No linealidad.***

La teoría del caos ha proporcionado evidencia de que existen principios de organización que actúan de modo muy semejante en sistemas de diversa índole. Esto significa que la naturaleza economiza principios y que, por lo tanto, si bien las distinciones disciplinarias son necesarias igualmente lo es una mirada atenta de las ciencias entre sí. No se trata de que las ciencias

sociales emulen acriticamente los métodos de las ciencias naturales sino que estén atentos a que principios y técnicas pueden ser adaptados o resulten ser teóricamente pertinentes para el estudio del comportamiento humano individual o agregado.

### ***Incertidumbre e impredecibilidad.***

De acuerdo a la nueva visión de la ciencia, el objetivo de predecir y controlar el cambio son ilusiones promovidas por el carácter artificial del enfoque experimental. De acuerdo al modelo de Prigogine y Stengers (1984, en Chamberlain, 1998, pág. 9) una gran teoría que pueda controlar y predecir como un sistema cambiará es una imposibilidad. En las relaciones lineales, las ecuaciones son solucionables. Existe predictibilidad y estabilidad, el tiempo es considerado reversible, de tal modo que el sistema puede ser desarmado y luego rearmado sin asumir que los elementos han cambiado por el paso del tiempo. El enfoque experimental descansa en la replicabilidad y la predictibilidad. Sin embargo, los sistemas naturales no pueden ser "resueltos" ni pueden ser entendidos aislados de su contexto. La replicabilidad es problemática debido a la irreversibilidad del tiempo. Todos los sistemas naturales cambian con el paso del tiempo, de manera que no pueden ser armados y rearmados de la misma manera. Cambios implícitos en el paso del tiempo incluyen la maduración y el envejecimiento. La impredecibilidad del cambio en los sistemas hace la investigación empírica difícil, pero también crea una riqueza y potencial para niveles superiores de organización de los organismos. El determinismo puede ofrecer algunas predicciones acerca de cómo un sistema mantiene un nivel homeostático, pero no cómo o qué comenzará el proceso de desequilibrio o la estructuración de un nuevo orden (Chamberlain, pág. 10, 1998).

En psicología siempre se ha sido consciente de la inherente impredecibilidad del comportamiento humano. Aún cuando la conducta de las personas tiende a estar influida por las experiencias pasadas, factores de personalidad, el aprendizaje y otras variables, tratar de predecir con precisión el comportamiento humano ha demostrado ser imposible. Esta dificultad de la psicología para predecir el comportamiento siempre había sido un objeto de crítica por ciencias más "duras", hasta que, incluso estas, se encontraron con una incertidumbre básica en la naturaleza misma de sus objetos de estudio. Por ejemplo, en la física, Heisenberg demostró que la incertidumbre es inherente a los intentos por conocer la naturaleza básica de la materia. Capra también explica como la teoría cuántica ha llegado a una visión semejante a la de la teoría del caos: *"Es importante percatarse de que la formulación estadística de las leyes atómicas y subatómicas no refleja nuestra ignorancia de la situación física...En la teoría cuántica, hemos llegado a reconocer a la probabilidad como un rasgo fundamental de la realidad atómica que gobierna todos los procesos, e incluso la existencia de la materia. Las materias subatómicas no existen con certeza en lugares definidos, sino que muestran "tendencias a existir", y los eventos atómicos no ocurren con certeza en momentos determinados y en formas definidas, sino que muestran "tendencias a ocurrir"* (Capra, 133).

De esta manera la incertidumbre y la impredecibilidad del comportamiento no deben ser vistos esencialmente como limitaciones de nuestros medios de investigación sino como compañeros permanentes de nuestra ciencia. Esto nos libera de un cierto complejo de inferioridad y nos permite concentrarnos de mejor manera en nuestra labor científica en el ámbito de lo humano. Por otra parte debe servir como un bálsamo para la arrogancia y las afirmaciones categóricas respecto al potencial de los seres humanos. En esta incertidumbre descansa ciertamente una posibilidad para el error pero también el potencial evolutivo de la especie.

### ***Atractores extraños y auto-organización***

No es muy difícil encontrar similitudes entre los efectos de un atractor extraño y los de los arquetipos jungianos (ver Van Eenwyk, 1997; Schueler & Schueler, 1997). Ambos fenómenos generan patrones de comportamiento que revelan niveles de orden, frecuentemente, escondidos tras el aparente caos de los sistemas complejos. Dichos patrones, en los dos casos, se repiten aunque nunca de exactamente la misma manera. Ambos imponen límites a las posibilidades del comportamiento de sus respectivos sistemas o, dicho de otra manera, sugieren formas y rutas de desarrollo. Ambos son irrepresentables en su totalidad pero pueden ser caracterizados por una sucesión de imágenes proyectadas, cada una de las cuales, revela un aspecto, pero no la totalidad, del comportamiento del sistema. (Card, 1996).

## **Fractales.**

La medición de los objetos fractales llevó a cuestionarse la utilidad de la noción de dimensiones tradicionales de la geometría clásica y motivó una nueva forma para estimar su longitud. Al hablar de objetos geométricos hablamos de cosas con forma que se ubican en el espacio. Tal lógica es difícil de aplicar a los fenómenos psicológicos en tanto que una idea no tiene materialidad ni forma. A pesar de esto es una práctica común la medición en psicología tomando la matemática clásica de la materialidad. Aunque esta es una extensión artificial el criterio práctico de cuenta de su utilidad relativa y limitada. Lo importante respecto a las dimensiones fractales es que llevó a revisar ciertas nociones de la geometría clásica. Para la psicología debe plantear igualmente un cuestionamiento al modo en que usamos las mediciones numéricas en psicología. No es primera vez en este trabajo que llegamos a esta conclusión, ya lo vimos al reflexionar sobre los números al abordar los fenómenos sincronísticos. Reconociendo su utilidad, es importante reconocer que las mediciones numéricas en psicología son una extensión artificial, forzada, imprecisa y que amerita una mirada recurrente que incluya los avances en la ciencia y la matemática. Esta revisión ya ha ocurrido en cierta medida al pasar del modelo de psicometría clásica al de la teoría de respuesta al ítem. Este tipo de esfuerzo es valioso, importante y debe continuarse siempre teniendo en cuenta su utilidad y sus limitaciones intrínsecas.

### **- Distinción Metodológica Cuantitativa - Cualitativa:**

Haciendo un breve paralelo entre ambos modelos, que podemos definir como estructural en relación a lo cuantitativo y como intersubjetivo referido a lo cualitativo, se tienen que el primero busca la unidad de la ciencia, establecer regularidades, llegar a la explicación (como nivel más profundo de conocimiento), se funda en el positivismo y donde se inscribe también el funcionalismo. Por su parte el modelo intersubjetivo propone la diferenciación de las ciencias sociales, ciencias de la cultura, donde lo que se busca es la comprensión a partir del conocimiento de las individualidades, la singularidad y diversidad como principios, fundamentado principalmente en la fenomenología, la hermenéutica y la teoría crítica.

Respecto de la sociología, vemos que en sus inicios se construye sobre las bases del positivismo, que dicen relación con el método para llegar a la verdad objetiva. Es así como Comte, quien es considerado el padre de la sociología, adscribe a la tradición positivista, donde la matemática es la ciencia que prima para la construcción de conocimiento en cualquier campo. Así la idea de medir, cuantificar, establecer magnitudes, son los quehaceres del científico, tanto para la ciencias naturales como para las sociales.

Durkheim se hace cargo de estos deberes científicos y establece las reglas del método sociológico, planteando que la sociología debe replicar el modelo de las ciencias naturales, donde la medición es el camino para descripción y la explicación de los "hechos inmateriales" que son de los cuales se ocupa esta disciplina. Conocido es su estudio sobre el suicidio, en el cual establece explicaciones causales de este hecho social a partir de las distintas características y condicionantes sociales.

Las metodologías cualitativas también presentaron (o presentan) la pretensión de constituirse como "El" modelo, pero esta radicalización es comprensible si se advierte el hecho de la lógica de la modernidad en la construcción de dicotomías o diferenciaciones que permiten la propia definición, mi identidad en el sentido de que soy diferente de lo "otro" –por ejemplo el capitalismo y el comunismo, en economía, política y la vida social, y lo cuantitativo y cualitativo en la metodología-.

En la definición dicotómica de las metodologías, y la radicalización de la oposición que, siguiendo a Bericat (1995), se basa en una "*lógica de distinción*", se manifiestan también dos dimensiones de la ciencia, expresada en el ejercicio de investigación en las ciencias sociales. Una dimensión de control o dominio vinculada con las técnicas cuantitativas, así Dávila sostiene:

*“La teoría de los indicadores ya ha recibido críticas tanto internas como externas (...) ha de resaltarse que los indicadores neutralizan técnicamente (es decir, políticamente) cualquier campo sobre el que se orienta su aplicación, de manera que dicho campo aparezca como ‘desprovisto de analizadores’ (...) supone una total adhesión a lo instituido –formal estatal, centralismo (...) así pues, la característica principal de la teoría de los indicadores consiste en que está imposibilitada para tratar con toda categoría que escape a todo un aparato de integración estadística que ha de preexistirle.” (Dávila, 1995, pág. 81)*

Mientras que la dimensión emancipatoria, se manifiesta en el método cualitativo, donde el sujeto tiene un espacio mayor de desenvolvimiento, no se encuentra cercado por categorizaciones previas, sino que se puede expresar con mayor libertad. El desarrollo de las técnicas cualitativas se funda en una *“reacción crítica”*, inspirada en la escuela de Frankfurt y bajo la tradición marxista, ésta se hace presente en ciencias sociales con los modelos de sentidos y significados, donde prima una dimensión simbólica. Emancipadora por que supone una profundidad mayor, en el sentido de dar cuenta de aquello que no se manifiesta de manera fáctica, los significados, los intereses, deseos, etc.

El avance de los métodos en oposición y el deseo de generar metodologías que alcancen un nivel de conocimiento distinto al producido hegemonícamente da cuenta de esta tensión entre ambas dimensiones de la ciencia.

### ***Integración Metodológica.***

Ibáñez (2000) describe tres perspectivas de investigación, el nivel distributivo (o referencial) asociado a técnica cuantitativa de encuesta. Por otra parte una dimensión estructural ligada a la técnica del grupo de discusión, propia de la metodología cualitativa. Y la dialéctica que se vincula con el socioanálisis, desde una posición más crítica, relacionada con una teoría del conflicto social. Esta última perspectiva presenta una continuidad con la idea de sociopraxis, trabajada por Villasante, donde se instaura la idea de “empoderamiento” de los sujetos, el investigador se involucra al nivel de tomar partido, retroalimentar y facilitar herramientas de cambio, con una posición más participativa que la diferencia de la perspectiva estructural. En el nivel estructural, se puede identificar el análisis de discurso como técnica.

En este sentido Ortí (1995), plantea que el proceso de investigación que se inicia en un nivel estructural semántico, con la utilización de técnicas y las pretensiones cualitativas, en función de interiorizarse con el problema. Un primer momento, de registro de discursos a partir de la aplicación de entrevistas abiertas, grupos de discusión, etc., seguido de consecuente interpretación, expresado en un nivel cualitativo.

A partir de esa primera aproximación se construyen las categorías que permitirán la aplicación del cuestionario, categorías que no son definidas a priori, sino que son el producto de la primera exploración y que justifica su construcción, y el consecuente análisis estadístico que supone, un segundo momento cuantitativo en el proceso de investigación. Para terminar en un tercer momento reinterpretativo, que se nutre de los insumos anteriores, para profundizar en temáticas más específicas y significativas, se propone –en lo técnico- la aplicación de nuevos grupos de discusión y entrevistas. Donde se puede dar cuenta de un proceso que comienza en un nivel cualitativo, pasa por una etapa de medición cuantitativa, y termina retomando la dimensión estructural. Este proceso entendiendo la investigación sociológica con una perspectiva de integración metodológica.

El modelo de integración de Ortí, se denomina integración por deficiencia, asumiendo la imposibilidad de conocer la realidad con exactitud, desde ninguna de las perspectivas, aunque la mirada cualitativa no busca la exactitud si no más bien la profundidad, esa nivel profundo de la realidad también es un ideal inalcanzable, solo se tiene acceso a distintas capas de la realidad pero nunca a su totalidad. Esta idea deficitaria de los métodos y por tanto de la ciencia, se funda en las aportaciones de las teorías físicas descritas, a partir de un universo complejo, impredecible y representable solo de manera parcial en cualquiera de los niveles en los que se le estudie.

Esto relacionado en alguna medida también con la base de la mecánica cuántica en física, donde se descubre que el mismo ejercicio de medir la realidad, el observarla, produce cambios. Así lo que en realidad vemos no es el comportamiento "real" de los fenómenos, sino que su comportamiento en el momento en que lo observamos, y esa observación (medición) tiene ineludiblemente un efecto. Por tanto la deficiencia de la que habla Ortí dice relación con esa limitación constante e ineludible en la producción de conocimiento.

Por su parte Conde (1995) también establece la investigación como un proceso integral, *"las perspectivas cualitativas y cuantitativas más que perspectivas discretas y enfrentadas están más o menos presentes o más o menos ausentes, según nos acerquemos/alejemos a cada uno de los polos de la escalera citada anteriormente"* (Delgado, Gutiérrez, 1995 pág.101). La escalera a la que hace referencia dice relación con el avance desde el nivel simbólico hasta la ubicación en el espacio euclídeo. Así distingue cuatro pasos en la investigación de un fenómeno, primero la apertura a un campo simbólico discursivo para la consecuente identificación e interpretación (producción subjetiva) del mismo. Luego propone la constitución del universo de significación, donde se establece la ruptura con el contenido exterior del discurso y comienza a construirse la medición, para terminar en la medición alcanzando el nivel distributivo (referencial).

Si bien Conde propone su modelo como homólogo del de Ortí, se pueden distinguir por la conclusión de ambos procesos, en el de Ortí se finaliza en un nivel cualitativo estructural, mientras que Conde concluye con la descripción del espacio euclideo, la medición como síntesis, terminando en un nivel cuantitativo. Cabe mencionar que el proceso señalado por Ortí presenta 6 pasos que en este caso se sintetizan en tres momentos asociados a lo cuantitativo y cualitativo, lo mismo sucede con Conde, quien construye su escalera de 4 escalones, los que también se asocian a momentos, dimensiones, cuantitativos y cualitativos de la realidad social.

El desarrollo de metodologías cuantitativas y cualitativas supone una lógica de diferenciación científica, la cual emerge epistemológicamente en gran medida a partir del antecedente que presentan las teorías físicas referenciadas. Así mismo, la idea de integración metodológica también da cuenta de un universo -psico-social- complejo y que no puede ser abordado con una mirada unidimensional, sino que se debe tener en cuenta su carácter multidimensional, en función de propiciar una mirada holística de los fenómenos sociales y psicológicos.

### **Análisis de Caso: "La revolución de los pingüinos"**

Las manifestaciones estudiantiles responden a la dimensión dialéctica del lenguaje a la que hace referencia Jesús Ibáñez, en donde dentro de sus características como método de investigación destaca la idea de generar participación fundada en el conflicto. En este caso, si bien no refiere directamente a investigaciones científicas, las movilizaciones producidas por los secundarios el 2006, dan cuenta de esta dimensión dialéctica bajo algunos criterios. Primeramente nos encontramos en un espacio donde confluyen lo público y lo privado, lo que hace emerger la noción de ciudadano, la cual los estudiantes secundarios explotan en función no solo de demandas particulares, sino que de transformaciones estructurales en una temática que se define como central para el desarrollo del país como lo es la educación. Los estudiantes ya no solo se hacen cargo del "campo del decir" manifestar la crítica y protestar contra aquello que está dado, además desarrollan el "campo del hacer", la acción colectiva participativa como medio de transformación social, idea que evoca tiempos pretéritos, sin embargo desde una perspectiva en algún sentido más pragmática, desde el punto de vista de demandas concretas y con fines específicos, pero que suponen transformaciones profundas. Mas allá de las consecuencias o resultados que haya tenido esta pretensión, lo interesante está dado por su emergencia en el escenario social.

La organización de secundarios la podemos entender como producción desde las acciones del estado, donde desde el ministerio de educación se desarrolló una serie de actividades (charlas, seminarios, reuniones, etc.) orientadas a fomentar la participación de los estudiantes, en el sentido del empoderamiento que supone que se hagan parte de sus propias problemáticas y contribuyan en la resolución de ésta. Los estudiantes instruidos por el mismo gobierno -en un trabajo realizado con el ministerio de Sergio Vitar- asumen que el trabajo del gobierno no

responde a las necesidades que ellos han planteado a partir de su propia producción, por tanto deciden, desde el empoderamiento que propicia la política educativa participativa y ciudadana, manifestarse públicamente, revelando el conflicto existente y construyendo redes para la fundamentación de su posición crítica. En este sentido, es sabido el asesoramiento que recibieron de economistas y cuentistas sociales como Marcel Claude y algunas consultoras, que trabajaron con los estudiantes tanto en la etapa donde su trabajo seguía bajo el alero gubernamental, como en su radicalización posterior.

Lo central desde la perspectiva dialéctica del lenguaje, que se traduce en un tipo de investigación determinado, dice relación con la producción, la construcción de redes en función de un mejor posicionamiento en los juegos de poder, siempre teniendo en cuenta la dimensión conflictiva desde esta perspectiva.

### **Análisis Interpretativo:**

#### **- Situación Inicial.**

**Desde el punto de vista del Estado** y autoridades, las manifestaciones estudiantiles fueron vistas –en un primer momento- como simples desordenes callejeros provocados por los estudiantes secundarios, que no dan cuenta apropiadamente de reivindicaciones. Donde la violencia que se expresó por parte de los jóvenes, las primeras manifestaciones (desde el 26 abril, 2006) con 3.000 estudiantes en las calles protestando por la deficiente calidad de la educación, fue lo que deslegitimó su participación desde la perspectiva de la autoridad. Tanto el ministro de educación del momento (Martín Zilic) como diversas autoridades del gobierno sindicaron el movimiento como un grupo de jóvenes “inmaduros” y sin claridad de los propósitos y motivaciones que tenían las movilizaciones realizadas. Esto se manifestó en que el Estado no dio importancia a las exigencias de los secundarios, y relativizó sus posibles consecuencias. Esta violencia que se vio en las primeras manifestaciones estudiantiles, y que justifica la posición inicial del gobierno, da cuenta del nivel de organización de la asamblea de estudiantes, que se caracterizó por su horizontalidad, sin jerarquizaciones que ordenaran de forma tradicional al movimiento, lo que se tradujo en unas primeras instancias desorganizadas y violentas.

Empezando el mes de mayo, las autoridades se encuentran desorientadas respecto del movimiento estudiantil, surgen propuestas e inconsistencias desde la posición del gobierno y los alcaldes, quienes planteaban alternativas distintas para tratar el problema de la educación. Las manifestaciones de los secundarios continúan, y el accionar del gobierno se presenta como extremadamente represivo (622 secundarios detenidos en manifestaciones), **desde los medios de comunicación** señalan a los estudiantes como “vándalos”, justificando desde los destrozos ocasionados tanto a la propiedad pública como privada. El Estado, como forma de bajarle el perfil al movimiento estudiantil, omite comentario alguno respecto de lo que acontecía en el discurso de la presidenta el 21 de mayo, fecha para la cual el movimiento ya se presentaba como un problema nacional.

**Desde los estudiantes**, en un primer momento –como se señaló anteriormente- la ACES (asamblea central de estudiantes secundarios) no tuvo mayor control de las manifestaciones callejeras, lo que se tradujo en actos considerados como vandálicos y extremistas. La asamblea al darse cuenta de la problemática que esto producía, en términos del apoyo que pudieran llegar a tener desde la ciudadanía, decide adoptar nuevas estrategias, donde las manifestaciones se empezaron a caracterizar por actividades de corte cultural e informativo respecto de la problemática. Estrategia que se traduce en el acoplamiento de diversos sectores para el apoyo a las demandas educativas (universitarios, profesores, trabajadores de la salud, etc.), el denominado bloque social se hace parte de las reivindicaciones estudiantiles.

Al 10 de mayo el movimiento ya se había expandido a nivel nacional (manifestaciones en Temuco, Rancagua, Coquimbo, Santiago, entre otras ciudades), y la posición de las autoridades no varía, prohibiendo las manifestaciones y agudizando la represión que ya no solo cae sobre los estudiantes, sino que también se ven atacados medios de prensa y cualquier ciudadano que pretendiera manifestarse entorno a estas temáticas.

### **- Segundo momento:**

Para finales de mayo el movimiento presenta características insospechadas en su génesis:

*“Sorprende su organización, las decisiones más importantes las toma la asamblea en pleno, constituida por voceros revocables que, afortunadamente, no siempre pertenecen a los centros de alumnos, el poder está descentralizado, en la RM se organizan por cordones y el poder se distribuye horizontalmente, además existen varios comités (político, propaganda, etc.). Otro punto importante es su utilización de la tecnología, crean blogs, fotologs, páginas web, usan celulares. Esta utilización de la tecnología no deja de ser interesante, ya que ésta tecnología ligada a la comunicación, tradicionalmente se ha utilizado, y se ha enseñado a utilizar de manera vertical, donde el receptor es un ente pasivo que sólo recibe la información. En los colegios se enseña computación, pero se enseña a utilizar los programas (windows, Word, excel, en su mayoría pertenecientes a Microsoft), pero nunca se enseña a crear programas. Los blogs y otros medios utilizados por los estudiantes permiten generar discursos e influir de esta manera en el imaginario social, aportando significaciones desde su posición social”(Vidal).*

La física cuántica se hace presente en esta dimensión del fenómeno, los estudiantes presentan micro-organizaciones y redes (nodos) que conforman a partir de la explotación de las herramientas tecnológicas, el movimiento se encuentra en una constante producción (auto-producción) que lo valoriza y que imposibilita el accionar de las autoridades desde su perspectiva tradicional, teniendo que adaptarse y valorar la gestión, participación y acción provocada por los secundarios.

La perspectiva del Estado, el prisma desde el cual observan el fenómeno, cambia definitivamente a finales de mayo, la organización estudiantil a partir de su asamblea ha superado ampliamente las categorías utilizadas para describirlos y desvalorizarlos, por lo que el gobierno se ve obligado a “ceder” y conversar con los estudiantes, y se empiezan a gestionar las primeras instancias de diálogo. El 31 de mayo habían 800.000 alumnos en paro a lo largo de todo el país, cifras que se presentan como históricas.

En este momento específico del desarrollo de los acontecimientos, podemos dar cuenta de un punto de inflexión (caos), empieza a cambiar la perspectiva mediática, lo que se traduce en un alto respaldo ciudadano, y la legitimación del movimiento. Haciendo un paralelo con la física, vemos que un fenómeno que aparentemente no presentaría consecuencias mayores, y que fue desvalorizado por las autoridades, se transforma en un problema nacional y que pone en jaque el accionar del Estado.

### **- Decaimiento del movimiento (tercer momento)**

A principios de Junio, se empieza a ver salidas al conflicto, a través del anuncio de la creación de una instancia de reflexión y participación para las reformas en educación, expresado en una comisión asesora. Solución que no deja del todo satisfecho a los estudiantes, quienes continúan con su trabajo de participación y producción, comienza a decaer el movimiento.

A partir del anuncio de la presidenta de la conformación de una comisión, se asume tanto desde los medios como de la opinión pública que el conflicto de está resolviendo, a pesar del continuo malestar de los estudiantes, las manifestaciones que se sucedieron no presentaron el respaldo mediático y ciudadano que se vivió en el apogeo de las manifestaciones. Las tomas continuaban, sin embargo el gobierno desalojaba con operaciones nocturnas que no tenían mayor cobertura ni provocaron el impacto de la represión anterior. La asamblea de estudiantes ya no tenía la legitimidad de semanas anteriores, disidencias entre los líderes que se tradujeron en la salida de algunos voceros, fueron algunas de las características de esta etapa.

De las consecuencias políticas del movimiento estudiantil, se puede destacar la salida de dos ministros claves, Andrés Zaldivar (ministro del interior) debió pagar las consecuencias de la excesiva represión policial hacia las manifestaciones, teniendo que dejar su cargo, dando paso a la llegada de Belisario Velasco, quien adoptó estrategias represivas distintas, por ejemplo el

allanamiento a una casa “okupa” en el barrio República, donde se incautaron múltiples artículos que supuestamente serían utilizados para manifestaciones callejeras con un carácter violento. Fue también este nuevo ministro del interior quien se hizo cargo de los desalojos de los establecimientos estudiantiles en su etapa final. Por otra parte el ministro de educación también debió dejar su cargo a raíz de la poco afortunada participación que tuvo durante este periodo.

#### **- El vínculo con la física:**

La teoría cuántica ha abolido el concepto de objetos básicos y separados, ha introducido el concepto de partícipe para reemplazar al del observador. Ha llegado a considerar el universo como una telaraña de relaciones físicas y mentales cuyas partes solo se pueden definir a través de sus relaciones con el todo. Ciertas corrientes de pensamiento de las ciencias sociales enfatizan la unidad e interacción mutua existente entre todas las cosas y sucesos. En el movimiento estudiantil se puede apreciar esta característica fenoménica, a partir de todas las aristas que supone el fenómeno y con la impredecibilidad que este se comportó. Un problema que era aparentemente particular de un sector desvalorizado (jóvenes estudiantes) se transformó en un fenómeno nacional, que presentó consecuencias sociales, culturales y políticas, la forma de organización de los estudiantes da cuenta de un universo cuántico, las consecuencias políticas del movimiento también hace referencia a las definiciones de la física cuántica, en el sentido de la interconexión de los fenómenos.

La teoría de la relatividad se hace presente a partir de la posibilidad de identificar diversos puntos de vista (sistemas de referencia) para el análisis del movimiento. Hemos visto como el estado presentaba un posición determinada en un primer momento, la cual tenía su consecuencia con lo que expresaban los medios de comunicación y por tanto con la opinión que pudiera tener la ciudadanía. El vuelco cultural que le inyectaron los estudiantes al movimiento (desde un sistema de referencia distinto al del estado) hizo cambiar las visiones desde los medios de comunicación, que se tradujo en un cambio también en la opinión pública, manifestado a partir del apoyo ciudadano y del bloque social. Con esto el estado se vio obligado a cambiar su postura y situarse sobre un sistema de referencia distinto, que posibilitara la solución del conflicto, no in antes haber sufrido la mirada sesgada que presentaron en un comienzo. Los estudiantes, sin embargo, también vieron relativizadas sus posturas, pasando desde la deslegitimación justificada en la violencia, al apoyo y respaldo nacional justificado por las actividades culturales, para devenir en una etapa de depresión que desarmó el impacto del movimiento, emerge nuevamente la violencia y los medios de comunicación y la ciudadanía comienzan a manifestar una cierta indiferencia y menor respaldo respecto de las acciones del movimiento estudiantil.

El caos, en tanto teoría, se hace transversal al movimiento estudiantil, a partir de la identificación de distintos momentos, puntos de inflexión y la imposibilidad de predecir los acontecimientos, existía efectivamente una efervescencia en la sociedad chilena en su conjunto, los acontecimientos debían ser seguidos minuto a minuto y era complejo establecer predicciones o anuncios de lo que pudiera suceder. Efectivamente podemos afirmar que se vivió un caos social, que volvió a su estructura de orden, no sin haber pasado por todos los estadios de un sistema caótico. En este sentido podemos decir que el observador decide cómo va a establecer la medición y esta decisión determinará hasta cierto punto las propiedades del objeto observado. Si se modificaran las características del experimento las propiedades del objeto observado cambiarían a su vez. Al igual que en la física atómica, en las ciencias sociales el científico no puede jugar el papel de un observador imparcial objetivo, sino que se ve involucrado e inmerso en el mundo que observa hasta el punto en que influencia las propiedades de los objetos observados. Por lo tanto, la subjetividad es más que la totalidad y la totalidad es más que la subjetividad.

#### **Alcances finales:**

***“Tenemos que recordar que lo que observamos no es la naturaleza en sí, si no la naturaleza expuesta a nuestro método de cuestionamiento” W. Heisenberg.***

***“La observación juega un papel decisivo en el momento y... La realidad varía, dependiendo en si nosotros la observamos o no” W. Heisenberg.***

**“Útil como lo es decir bajo circunstancias cotidianas que el mundo existe “allí afuera” “independiente de nosotros”, esa visión ya no puede ser sostenida” A.J. El Carretero.**

### **Referencias bibliográficas.**

Blitz, M. y Chamberlain, L. (1998). Chaos and the Clinician: What's So Important About Science in Psychotherapy? En: *Clinical Chaos: A Therapist's Guide to Nonlinear Dynamics and Therapeutic Change*. Bütz, M. & Chamberlain, L.. Philadelphia, Bunner/Mazel.

Briggs, J. y Peat, D. (1990). *Espejo y Reflejo. Del Caos al Orden*. Editorial Gedisa. Barcelona, España.

Capra, F. (1975). *El Tao de la Física*. Editorial Sirio.

Capra, F. (1992). *El punto crucial*. Buenos Aires. Editorial Troquel.

Campbell, D. 1989. Introduction to nonlinear phenomena. In *Lectures in the sciences of complexity*, D. L. Stein (ed.), 3-105. Redwood City, California: Addison-Wesley.

Chamberlain, L. (1998). An Introduction to Chaos and Nonlinear Dynamics. En: *Clinical Chaos: A Therapist's Guide to Nonlinear Dynamics and Therapeutic Change*. Bütz, M. & Chamberlain, L.. Philadelphia, Bunner/Mazel.

DiBello, R. (1990, December 31). Personality as a strange attractor. *The Social Dynamicist*. p. 1. Einstein, A. (1954). Ideas and opinions. New York: Bonanza Books.

Einstein, A. (1998) “Sobre la teoría de la relatividad especial y general”. Ediciones Altaza. Madrid, España.

Einstein, Albert.(1930, 9 de Nov) “El espíritu Religioso de la Ciencia”. New York Times.

Einstein, A. (1998) “La teoría de la relatividad”. Las mas grandes obras del conocimiento. Ediciones Ercilla. Santiago, Chile.

Francis, S. E. (1998). Chaos, Complexity and Psychophysiology. *Clinical Chaos*. En: *A Therapist's Guide to Nonlinear Dynamics and Therapeutic Change*. Bütz, M & Chamberlain, L. Brunner/Mazel, Philadelphia.

Gleick, James. (1988). *Chaos: Making a New Science*. Penguin Books, E.E.U.U.

Illana, José Ignacio. (2005- 2006) “El Significado de la relatividad”. Departamento de Física Teórica y del Cosmos, Universidad de Granada. En: [www.ugr.es/~jillana/prog\\_srel.pdf](http://www.ugr.es/~jillana/prog_srel.pdf).

Kellert, S. H. (1993). *In the wake of chaos*. Chicago: The University of Chicago Press.

Lorenz, Edward. (1995). *The Essence of Chaos*. University Of Washington Press, Seattle.

Mandelbrot, B. (1989). *Fractal Geometry: what is it, and what does it do?* Proc. R. Soc. A. Lond. 423, 3-16 (1989). Gran Bretaña.

Miller, Iona. (1991). *Chaos Theory and Psychological Complexes*. Obtenido en [http://www.geocities.com/iona\\_m/ChaosTheory/chaostheory3.html](http://www.geocities.com/iona_m/ChaosTheory/chaostheory3.html) en Junio del 2004.

Peat, David F. (2002). *From certainty to uncertainty : the story of science and ideas in the twentieth century*. Joseph Henry Press, Washington, D.C.

Pérez, Antonio. (s/f). *Más por Menos. Fractales Geometría del Caos*. Video documental. España.

- Radovic, C. *¿Por qué ocurrió el Big Bang?* Santiago de Chile: Universitaria. 2005.
- Serway y Beichner, (1998) "Física para ciencias e ingeniería", Tomo II. McGraw-Hill. México D.
- Schueler, Betty & Schueler, Gerald. (2001). Entropy. En: *The Chaos of Jung's Psyche*. 2003: e-book. [http://www.schuelers.com/ChaosPsyche/part\\_1\\_9.htm](http://www.schuelers.com/ChaosPsyche/part_1_9.htm)
- Sheldrake, R. (1981). *A new science of life*. Los Angeles, CA: J. P. Tarcher.
- Vandervert, L. (1996). Introduction. *Journal of Mind and Behavior*.
- Vidal, Cristián: <http://www.psicologiagrupal.cl/documentos/canguroo/pinguinos/cronologia.htm>
- Wikipedia. The Free Encyclopedia. (2004). *Chaos Theory*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Chaos\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/Chaos_theory)
- Wikipedia, La Enciclopedia Libre (2006). Teoría de la Relatividad [http://es.wikipedia.org/wiki/Teoría\\_de\\_la\\_relatividad](http://es.wikipedia.org/wiki/Teoría_de_la_relatividad). Equivalencia estática [http://es.wikipedia.org/wiki/Equivalencia\\_est%C3%A1tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Equivalencia_est%C3%A1tica).
- Williams, Garnett. (1997). *Chaos Theory Tamed*. Joseph Henry Press, Washington, D.C.
- Eco, Umberto. (1994). *The limits of interpretation*. E.E.U.U., Indiana University Press.
- Card, C. (1996). *The Emergence of Archetypes in Present-Day Science And Its Significance for a Contemporary Philosophy of Nature*. 2004. <http://www.goertzel.org/dynapsyc/1996/natphil.html>
- Jung, C. G., & Pauli, W. (2001). *Atom and Archetype. The Pauli/Jung Letters. 1932-1958*. New Jersey: Princeton University Press.
- Sainz, F. (1983). *Jung: Una Antropología*. San Salvador: Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".
- Schueler, Gerald. (1997). *Chaos Theory: Interface with Jungian Psychology. The Order/Chaos Relationship in Complex Systems*. 2004: Web page: <http://www.schuelers.com/chaos/chaos1.htm>
- Suzuki, D. T. (1980). *Introducción al budismo Zen*. Eitorial Kier. Buenos Aires: 3era edición.
- Van Eenwyk, J. (1997). *Archetypes and Strange Attractors: The Chaotic World of Symbols (Studies in Jungian Psychology by Jungian Analysts)*. Inner City Books.
- Von Franz, M. L. (1988). *Psyche & Matter*. Boston: Shambala Publications.
- Popper, Kart (2003). *La lógica de la investigación científica*. Madrid, España. Editorial Tecnos.
- Kuhn, Thomas (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. México. Fondo de Cultura Económica.
- Gadamer, Hans-Georg (1997). *Verdad y Método*. Salamanca. Ediciones Sígueme.
- Delgado y Gutiérrez (1995) *Métodos y Técnicas cualitativas de investigación en ciencias sociales*.
- Bericat, Eduardo (1998). *La integración de los métodos cuantitativos y cualitativos en la investigación social. Significado y medida*. Barcelona, España. Ariel, Sociología.
- Ferrando, García; Ibáñez, Jesús y Alvira, Francisco (2000) *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación*. Madrid, España. Alianza Universidad.