



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGIA

LAS CIENCIAS NATURALES Y LAS CIENCIAS SOCIALES:

UN DEBATE SOBRE SU ACERCAMIENTO INTERPARADIGMATICO

**TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE SOCIOLOGO
U. DE CHILE**

ALUMNO : DANIEL CAVADA
PROFESOR GUIA : JOSE LUIS REYES
FECHA : JULIO DE 2004

INDICE

INTRODUCCION	3
METODOLOGIA	4
OBJETIVOS	6
PRIMERA PARTE	8
LA CIENCIA MODERNA Y EL ESTUDIO DEL UNIVERSO	9
Los orígenes de una Ciencia ahistórica	9
El uso de la "flecha del tiempo" en las Ciencias Naturales	12
EL CONCEPTO DE ENTROPIA	14
Los enunciados formales de los principios de la termodinámica	14
1. Entropía y energía utilizable	15
2. Entropía y organización/información	17
3. Entropía y probabilidades	18
La entropía como formadora de orden	19
LA "PIRAMIDE DE LA COMPLEJIDAD" DE REEVES	20
HACIA LA TEORIA DEL BIG-BANG	22
Radiación fósil: la huella que delata el carácter homogéneo del Universo primitivo	22
LA HISTORIA DEL UNIVERSO	23
Fotones (las partículas de la luz): agentes universales de entropía	23
Entropía y gravedad	24
Entropía y fuerzas de la naturaleza	24

	2
Los caballos del lago Ladoga: sobrefusión y reacciones en desequilibrio	25
Diversidad frente a uniformidad	27
Los estados de sobrefusión: nuclear, electromagnética y gravitacional	28
El sistema Tierra-Sol	29
CONSECUENCIAS QUE TIENE EL ENFOQUE DE LOS FENOMENOS EN CONDICIONES DE "NO EQUILIBRIO" EN LA NATURALEZA	30
La incorporación de la "flecha del tiempo" en los fenómenos naturales	30
El balance de la entropía global del Universo	31
Discusión acerca del enfoque de los procesos de no equilibrio	31
 SEGUNDA PARTE	 36
 INTRODUCCION: DE LAS CIENCIAS NATURALES A LAS CIENCIAS SOCIALES	 37
LOS PRINCIPALES PROBLEMAS EPISTEMOLOGICOS DE LAS CIENCIAS	39
ORDEN Y DESORDEN, AZAR Y DETERMINACION	43
ACCIDENTES, CONTINGENCIA, SINGULARIDAD: LA NOCION DE EVENTO	47
EVENTO Y SISTEMA	49
Sincronía y diacronía evenencial	51
LOS PLANTEAMIENTOS EPISTEMOLOGICOS APLICADOS AL CAMPO DE LA SOCIOLOGIA	55
 CONCLUSION	 64
 BIBLIOGRAFIA	 69

INTRODUCCION

La Tesis que a continuación presentaremos está basada en el Seminario de Grado, realizado en el mes de Julio del año 2002, y se trata de una profundización de los temas tratados en el mismo, los cuales fueron incluidos con sustantivas modificaciones (particularmente los temas tratados en la Primera Parte —la cual es la que deriva del Seminario de Grado— de esta Tesis) para ilustrar las ideas correspondientes en esta oportunidad. El nombre del Seminario es: "La evolución del pensamiento científico en el estudio del Universo desde la Edad Moderna hasta hoy."

Desde los tiempos del Renacimiento, la actividad científica ha alcanzado un nivel de desarrollo y de éxito que hubiera sido inconcebible para los primeros intelectuales occidentales, los antiguos griegos. Sin embargo, la ciencia, a medida que ha tratado de extender su alcance desde los fenómenos naturales a los problemas humanos y sociales, ha ido perdiendo su unidad epistemológica, es decir, el carácter universal de abordar y de concebir toda la variedad de fenómenos que pueden ser objetos de estudio; de ahí que se hable más bien de "las ciencias" que de "la" ciencia, ya que subsiste una división que parece irreconciliable: una ciencia que estudia el comportamiento de lo material —sea materia viviente o no— y otra que estudia el comportamiento humano y social, donde se incluyen nociones de valoración, sentido, intención, simbolización, etc, que un sujeto humano le otorgue a su acción y a la acción de otros. La primera "ciencia" es denominada "Ciencias Naturales", mientras que a la segunda se le denomina "Ciencias Sociales".

También circula el discurso, al interior de la comunidad científica, y sobre todo entre los científicos sociales, que las Ciencias Naturales no han abandonado el enfoque —tan instrumentalista— de tipo sujeto-objeto, en que se concibe el "objeto de estudio" como un objeto pasivo, de donde el investigador sólo tiene que *extraer* la información que tal objeto *contenga*, sin concebir la idea de que el investigador también le *aporta* algo al objeto cuando lo observa a partir de un modelo teórico y de unos objetivos de investigación (y de unos objetivos sociales y, por qué no, también de valoraciones personales y/o sociales) que haya apuntado previamente. A esta manera de abordar los fenómenos naturales se le ha llamado "positivismo", un término que ha pasado a tener una significación peyorativa entre los científicos sociales y naturales.

Pero en realidad ya están surgiendo nuevas tendencias para abordar fenómenos naturales, nuevos enfoques epistemológicos, nuevos paradigmas, dentro de las mismas Ciencias Naturales. Incluso las Ciencias Humanas y Sociales han comenzado a utilizar algunas de sus terminologías, tales como los conceptos de "entropía", de "sinergia", de "sistema abierto", de "sistema cerrado", etc, que son términos extraídos de las Ciencias Naturales y que son cada vez más utilizados en esta disciplina. Pero también se está produciendo un acercamiento de tipo epistemológico entre las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales, al comenzar a enfatizar nociones de indeterminación, de incertidumbre, de probabilidades, de contingencia y de historicidad de los fenómenos naturales. Esta es una de las nuevas tendencias que están marcando el actual desarrollo de las Ciencias Naturales.

Es esto último lo que pretendemos ilustrar, y nos centraremos en el estudio del Universo, es decir, en la Cosmología, que es considerada como una de las disciplinas más avanzadas y teóricas de la Física. Para contemplar los cambios epistemológicos que están desarrollando las Ciencias Naturales, primero ilustraremos las herramientas

epistemológicas con que abordaba los fenómenos físicos la Ciencia Moderna, es decir, desde el Renacimiento hasta inicios de la Revolución Industrial. Con esto quedará asentada la diferencia que mostraremos cuando ilustremos las transformaciones en la manera de abordar los fenómenos de la Naturaleza (a través del siglo veinte y comienzos del veintiuno), y en particular, la historia del Universo, a partir de la teoría del Big-Bang (que es la teoría central acerca del posible origen del cosmos) y de dos autores centrales: Ilya Prigogine (físico, químico y filósofo belga de origen ruso, Premio Nobel de Química en 1977) y Hubert Reeves (canadiense, Doctor en astrofísica nuclear en Cornell University, Estados Unidos).

Por último, utilizaremos la información recientemente mencionada con el fin de intentar ilustrar la importancia del nuevo paradigma de las Ciencias Naturales para las Ciencias Sociales, y cómo lo primero puede aportar a lo segundo. El paradigma nuevo de las Ciencias Naturales, que tienden a abordar temas como la diversidad, la contingencia y la apertura hacia lo novedoso y no previsto en los fenómenos de la Naturaleza, podría facilitar la legitimación de los métodos y objetivos de estudio que se han considerado propios de las Ciencias Sociales. Además, ambas disciplinas podrían ejecutar sus tareas en un ambiente de mayor cooperación y de menor confrontación que en el pasado. Después de todo, ambas están confluyendo en un tópico común: el estudio de la *complejidad* (de los fenómenos naturales y sociales). Mostraremos en qué medida es posible esto último, así como intentaremos verificar si existiría una "nueva alianza" entre ambas ciencias, tal como lo anunciara Prigogine.

De esta manera, la Tesis constará de una primera parte, dedicada a la presentación de la evolución del pensamiento científico natural desde la Edad Moderna hasta hoy, y de una segunda parte, dedicada a mostrar el aporte que esta nueva ciencia podría aportar a las Ciencias Sociales, y en particular a la Sociología, por medio de los argumentos de Edgar Morin. Es necesario constatar que la segunda parte consistirá básicamente en una confrontación entre los planteamientos de Morin y el debate teórico expuesto en el primero.

En general hemos evitado, en la medida de lo razonable, el uso de tecnicismos que pudieran dificultar la comprensión de lectores no especializados. Todo concepto ajeno a las nociones propias de un científico social y de un filósofo queda debidamente explicado para conservar el poder de comprensibilidad de la Tesis. Lo que deseamos ilustrar es la evolución del pensamiento científico cosmológico, más que sus categorías conceptuales. En todo caso, en la mayoría de las lecturas realizadas se emplea un lenguaje claro y comprensible, utilizándose tecnicismos sólo en cuanto ello se ve justificado.

METODOLOGIA

La presente Tesis es un ensayo teórico acerca de la evolución del pensamiento científico, que tiene como fin explorar y describir la posibilidad de un acercamiento paradigmático entre las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales. La presente Tesis estará acotada, no obstante, a la disciplina científica de la Cosmología, a la cual se la tomará como un ejemplo del posible acercamiento de paradigmas, ya que, como se ha sostenido anteriormente, la Cosmología es una rama de la física, y esta, a su vez, ha sido tradicionalmente un modelo a seguir, metodológicamente (al menos en el siglo XIX y parte del XX), por parte de las Ciencias Sociales y por algunos de sus autores. Además, es en tal disciplina de las Ciencias Naturales donde los conceptos referidos y

utilizados cada vez más por las "dos ciencias" están más claros y empleados en el relato histórico del universo, lo cual aproximaría a las nociones más cercanas de las disciplinas humanistas y sociales.

La metodología propiamente tal, ya que es un ensayo teórico, consiste en un diálogo entre diversos autores especializados a lo largo de todo el desarrollo de la Tesis, tomando como eje o hilo conductor a algunos de ellos. En torno a cada autor como eje central, se plegarían los demás, ya sea en forma de confrontación o de confirmación de sus planteamientos. Para la primera parte, dedicado a la presentación de la evolución del paradigma de las Ciencias Naturales, tal autor será Hubert Reeves, quien le dará el cuerpo de la argumentación al presentar una narración acerca de la historia del Universo. Para la segunda parte, los autores centrales serán: el físico David Bohm, el sociólogo y epistemólogo Edgar Morin y el sociólogo mexicano Hugo Zemelman, ya que son los que aportan conceptos que resultarán centrales en la elaboración de la discusión teórica, además de ser ésta una manera clara de estructurar la Tesis. De esta manera, ilustraremos sus planteamientos realizando un paso paulatino desde las Ciencias Naturales a las Ciencias Sociales.

La información recolectada será a partir de lecturas de diversos autores de las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales, centradas en el aporte al debate epistemológico ya explicado.

OBJETIVOS

En principio, los objetivos generales y específicos, de acuerdo a los argumentos expuestos en el apartado anterior, serían los siguientes:

Objetivo general:

Ilustrar el acercamiento paradigmático entre las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales en torno a sus estrategias de conocimiento.

Objetivos específicos:

- 1) Realizar una comparación entre Ciencia Moderna y Ciencia Contemporánea.
 - a. Ilustrar el contexto histórico en que la Ciencia Moderna crea sus métodos.
 - b. Describir la metodología con la cual la Ciencia abordaba los fenómenos físicos (leyes ahistóricas, abstractas, deterministas e irreversibles).
- 2) Ilustrar la transición entre Ciencia Moderna y Ciencia Contemporánea y el concepto de Entropía.
 - a. Ilustrar el contexto histórico en que apareció el concepto de Entropía.
 - b. Ilustrar los principios de la termodinámica y su conexión con el concepto de Entropía.
 - c. Describir las diversas maneras en que se puede definir Entropía (orden, organización, información y probabilidades).
 - d. Recalcar las consecuencias del concepto de Entropía en la cosmovisión científica del Universo y su origen en el siglo XIX.
- 3) Describir la Ciencia Contemporánea en el campo de la cosmología.
 - a. Describir el origen de la Teoría del Big-Bang.
 - b. Relacionar el concepto de Entropía con la Cosmología.
 - c. Describir el desarrollo del Universo según Hubert Reeves, considerando los siguientes aspectos: "pirámide de la complejidad" y entropía, "flecha del tiempo", reversibilidad e irreversibilidad de los fenómenos naturales y condiciones de equilibrio.
- 4) Ilustrar el problema del origen del Universo en torno a las siguientes nociones polares:
 - a. Determinismo v/s Contingencia (en la evolución del Universo)
 - b. Azar v/s Necesidad (de la actual estructura del Universo)

- 5) Relacionar el nuevo paradigma cosmológico con la discusión epistemológica de Edgar Morin (orden, desorden, complejidad, azar, determinismo), considerando:
- a. Las asociaciones posibles de establecer entre los argumentos y conceptos de Hubert Reeves e Ilya Prigogine, desde las Ciencias Naturales, y los de Edgar Morin y Hugo Zemelman desde las Ciencias Sociales (y en particular, la Sociología), estableciendo un nexo entre ambos sectores de la Ciencia con el físico David Bohm.
 - b. La posibilidad de la existencia de un acercamiento paradigmático entre Ciencias Naturales y Ciencias Sociales.
 - c. La importancia del nuevo paradigma cosmológico en las Ciencias Sociales, y en particular en la Sociología.

PRIMERA PARTE

LA CIENCIA MODERNA Y EL ESTUDIO DEL UNIVERSO

Los orígenes de una Ciencia ahistórica

A partir del Renacimiento, la ciencia comenzó a adoptar una postura epistemológica ajena a la noción del tiempo, pero este proceso se remonta a la Grecia clásica. De acuerdo con Stephen Toulmin,¹ la Cosmología histórica habría nacido con el filósofo Hecateo de Mileto, alrededor del 550 AC, cuyos seguidores adoptaron, por primera vez, una actitud evolucionista ante el mundo: el mundo sería, para ellos, una fase de un proceso creador continuo y que continúa.

Diodoro de Sicilia, en el año 50 AC, planteaba que el mundo de la naturaleza adquirió su forma actual como resultado de una prolongada sucesión de cambios graduales, sin hacer referencias a actos arbitrarios de mandato divino. Mientras tanto, Anaximandro llegó a una postura cosmológica evolucionista cuya originalidad no sólo residiría en ser precursora del darwinismo, sino en el hecho de que describiera la creación como un proceso gradual y continuo, es decir, como un proceso *histórico*.

Para todos los filósofos clásicos, la expresión "el origen de la vida" significaba los procesos naturales (si los hay) por los cuales los seres vivos llegaron a la existencia *en sus especies actuales*.

En el siglo VI AC, cuando existió la posibilidad de una alianza entre historia y filosofía natural "que podía haber dejado una profunda huella en todo el pensamiento científico posterior",² los historiadores y los científicos se separaron, y la influencia dominante sobre la filosofía natural griega provendría, no de la historia, sino de la matemática. Ante esto, Toulmin cree que la razón de esto habría sido la presión de los acontecimientos bélicos como la Guerra del Peloponeso, que hubiera hecho concentrar a los historiadores en el presente más que en el pasado: "Nosotros, en el siglo XX, podemos comprender y simpatizar con las razones de los historiadores, pues la presión de grandes sucesos los convirtió en historiadores *contemporáneos*."³

Con este acontecimiento, se perdió el sentido del desarrollo evolutivo, temporariamente despertado por los filósofos Anaximandro y Hecateo. De ahí se comenzó a concebir que todos los cambios temporales observados por los sentidos son sólo permutaciones y combinaciones de "principios eternos", perdiéndose el sentido de lo histórico, adquiriendo interés esto último sólo como confirmación de la realidad imperecedera de las cosas. Así, los problemas concernientes al cambio histórico dejaron de concernir a los problemas centrales de la filosofía, y los filósofos se ocuparon, en cambio, de cuestiones de *principios generales*.

Con excepción de los epicúreos, las principales escuelas de filosofía, desde el siglo IV en adelante, continuaron considerando el flujo temporal de los sucesos como algo irracional y engañoso. Así, para propósitos filosóficos, se separó la creación del desarrollo posterior de la naturaleza, y el origen del cosmos se convirtió en un tema de argumentación abstracta.

Para Platón y sus seguidores, el mundo de la naturaleza formaba un sistema ordenado, con un permanente carácter matemático que gobernaría también el orden social y el moral. Por tanto, la creación del cosmos habría sido el proceso por el cual se

¹ TOULMIN, Stephen y GOODFIELD, June, *El Descubrimiento del Tiempo*, Editorial Paidós, Barcelona, 1990.

² *Op. cit.*, pág. 38.

³ *Ibid.*

encarnaron materialmente los principios matemáticos eternos. En polémica con Aristóteles, sostuvo que la Creación era sólo un tipo de construcción intelectual destinada a explicar los fundamentos del orden de la naturaleza, y no sus comienzos.

Los principios del orden social eran, para Platón, tan eternos e inmutables como los principios del orden natural, y la tarea del estadista era reflexionar sobre los principios de la salud política, no tabular todas las variedades posibles de aflicciones y enfermedades sociales. En la sociedad, como en la naturaleza, existiría para él un conjunto permanente de leyes inmutables, por las cuales debe guiarse en todo tiempo y lugar una ciudad sabiamente gobernada.

Para Aristóteles, era necesario comenzar con el orden existente de la naturaleza, y la discusión principal no era *cuándo*, sino *cómo* y *por qué* había sido ordenado de tal modo. Diferenciándose levemente de Platón, planteó que no había un "comienzo de todas las cosas", y que el orden natural es eterno e inmutable, sin un origen temporal en el pasado ni perspectiva alguna de destrucción en el futuro. Los cambios experimentados en el cosmos obedecerían a un comportamiento más bien cíclico: "Las cosas que nacen y mueren imitan a las imperecederas."⁴

A pesar de las exhortaciones de Aristóteles, los filósofos griegos posteriores, como los epicúreos y estoicos, no renunciaron a las especulaciones acerca del origen y la historia del cosmos. La escuela epicúrea manifestó un escepticismo radical, considerando las supersticiones religiosas irracionales e innecesarias. Los estoicos, en cambio, mantuvieron las viejas ideas religiosas, pero trataron de actualizarlas "desmitologizándolas", subordinando la teología se subordinaba a la cosmología; sin embargo, terminaron elaborando una cosmología en la cual todas las cosas se hallarían atrapadas en un ciclo común y todopoderoso de muerte y nuevo nacimiento. Estarían todas destinados a actuar como lo hacen.

Los epicúreos llevaron más adelante el proceso de desmitologización, y elaboraron una cosmología naturalista de la cual fueron totalmente excluidos los dioses. Lucrecio, uno de sus representantes, creía en una Edad Dorada, una fase anterior y más beatífica de la historia, en la cual la naturaleza era más productiva, los hombres más fuertes y la vida más fácil. Sin embargo, no llegó a concebir que las especies orgánicas pudieran cambiar o evolucionar. De esta manera, la función de la selección natural no sería cambiar las especies, sino simplemente eliminar los seres monstruos y los achacosos, creados espontáneamente en el principio.⁵

En Platón, hallamos lo que más se acerca a una cosmología de la "Gran Explosión"; en Aristóteles, el esbozo de una teoría del "estado estable"; los estoicos, a su vez, fueron los precursores de las doctrinas del "cosmos cíclico"; y los epicúreos concibieron el desarrollo del mundo más bien como un proceso al azar y de un solo sentido.⁶

El resultado fue que durante dos mil años se mantendría un esquema estático de interpretación de los comienzos de la historia natural actual, incluso en los paradigmas de la selección natural. En la de Aristóteles, por ejemplo, no tenía un carácter temporal y evolutivo: en su concepción de la vida natural, sólo los individuos nacían y morían, mientras que las especies se mantendrían eternas.⁷

⁴ *Op. cit.*, pág. 45.

⁵ *Op. cit.*, pág. 47.

⁶ *Op. cit.*, pág. 49.

⁷ *Op. cit.*, pág. 52.

La teoría moderna de la selección natural, que la concibe como un proceso en el cual la adaptación y la espontaneidad colabora para modificar las especies orgánicas en *cada etapa*, sólo podía ser posible sobre la base de la escala de tiempo mucho mayor de la geología del siglo XIX, lo cual no ocurrió con los griegos, puesto que éstos se habían encontrado confinados dentro de los límites de su propia época: estaban insertos dentro de un mundo y de una realidad social bastante estable, cuya estructura básica —hasta donde podían ver— había sido siempre lo que era en su época.⁸

Más tarde, en la era medieval, sobre todo entre los siglos ocho y trece, los europeos occidentales se encontrarían en el marco de una sociedad estamental cuyo puesto en la producción era fijo y estable, basado preferentemente en la economía rural, donde las ocupaciones laborales tenían una existencia permanente y les garantizaba la sobrevivencia a los trabajadores, ya sean siervos, campesinos, jornaleros, artesanos precapitalistas, etc; los estamentos sociales tenían un carácter indiscutible para la conciencia social de la época. La movilidad social ascendente era muy escasa, lo cual cambiaría con el surgimiento de la burguesía en el siglo trece.

La economía, antes estática y ligada a las propiedades inmobiliarias, se empezó a asentar en los bienes mobiliarios, en la circulación de mercancías hacia lejanos lugares del continente europeo, asiático, africano y americano, y en el inicio de una ética individualista en contraste con la ética corporativista de los artesanos medievales.⁹

Los cambios sociales y económicos mencionados pondrían en cuestión la relativa seguridad y estabilidad de la sociedad medieval, así como el carácter indiscutido de esta organización social. Esta situación, aun cuando condujera a una mayor libertad individual que en la Edad Media, generó en los sujetos sentimientos de desesperación, de soledad, de impotencia y de angustia, que prontamente los llevaría a una nueva búsqueda de seguridad y de certidumbre, que el campo científico, se expresó con René Descartes.¹⁰ Descartes valora positivamente varios aspectos de su educación formal, pero también critica demoledoramente sus bases. Tiene una conciencia cosmopolita, característica del individuo renacentista: cree que "es conveniente saber algo sobre las costumbres de los diversos pueblos", a lo largo del tiempo y también viajando, es decir, en un sentido espacial y temporal, "para juzgar las del propio con mejor acierto, y no creer que todo lo que sea contrario a nuestras modas es ridículo y contra la razón, como suelen hacer los que nada han conocido".¹¹

En lo que se refiere a las matemáticas, Descartes encuentra que tienen un fundamento sólido, pero "sin nada más elevado"¹². "Nada diré sobre la filosofía", dice Descartes, pero en pocas líneas más lanza ácidas críticas: los filósofos no se ponen de acuerdo en materias importantes y hay demasiada diversidad de opiniones, lo que lo lleva a pensar si acaso "estimaba como falso todo lo que no era más que verosímil". Llama la atención la apreciación de lo que debería ser una auténtica filosofía para Descartes: "Considerando, además, cuán diversas opiniones pueden darse a una misma materia, defendidas por gentes doctas, si bien *sólo una de ellas puede ser verdadera...*"¹³ Y "las demás ciencias" no han "construido nada sólido sobre cimientos tan poco firmes", porque esas ciencias "toman sus principios de la filosofía".¹⁴

⁸ *Op. cit.*, pág. 49.

⁹ FROMM, Erich, *El Miedo a la Libertad*, Ed. Paidós, Buenos Aires, Argentina, 1991, págs. 57-78.

¹⁰ Este científico renacentista refleja en mejor medida la afirmación del psicólogo, historiador y sociólogo Erich Fromm, en *El Miedo a la Libertad*: "La duda es el punto de partida de la filosofía moderna; la necesidad de acallarla constituyó un poderoso estímulo para el desarrollo de la filosofía y de la ciencia modernas." FROMM, Erich, *op. cit.*, pag. 91.

¹¹ DESCARTES, René, *Discurso del Método*, Ediciones Altaya S.A., Buenos Aires, Argentina, 1993, pág. 9.

¹² *Op. cit.*, págs. 10-11.

¹³ *Op. cit.*, págs. 11-12.

¹⁴ *Op. cit.*, pág. 13.

Tal como en los antiguos griegos, aquí se advierte una nueva separación entre Filosofía y Ciencias Naturales.

“Siempre sentía un deseo inmenso de aprender a distinguir lo verdadero de lo falso, para *ver claro en mis acciones* y para *andar con seguridad* en esta vida”, declaraba Descartes.¹⁵ Esta peculiar actitud hacia la vida, concordante con el derrumbe de la sociedad medieval, se convirtió en todo un principio científico de carácter ético, que se ha expresado en su formulación de trabajar con “cosas claras y distintas”, que devolverían la seguridad y la orientación que se han perdido.

A nivel de toda la sociedad europea, la seguridad y la estabilidad son encontradas bajo la forma de las monarquías absolutas. La Tierra (y con ello, el sujeto humano) ha dejado de ocupar ser el centro del Universo en el campo científico, pero el cosmos ha pasado a tomar la misma forma social de un conjunto de cuerpos celestes y luminosos de movimientos armónicos que conformarían un orden estático: es el enfoque epistemológico general de la Ciencia Moderna, como se discutirá a continuación.

El uso de la “flecha del tiempo” en las Ciencias Naturales

Antes de ilustrar los enfoques epistemológicos desarrollados por la Ciencia Moderna, volvamos al tema del tiempo como recurso científico de investigación para abordar los fenómenos naturales.

¿Existe o no el tiempo? Aquí se habla del tiempo en el sentido de la disposición mental que tienen los seres humanos para hacer una diferenciación entre pasado y futuro; es lo que Ilya Prigogine llama “la flecha del tiempo” (éste es el concepto que utilizaremos en el resto de la Tesis), a la que le otorga una categoría de *existencia real* –y no sólo mental. Pero, ¿se le puede otorgar una validez ontológica a la flecha del tiempo a través de la investigación científica? ¿O es solamente un problema fenomenológico, metafísico (una mera disposición mental humana)? Y si se le diera validez ontológica, ¿qué consecuencias *epistemológicas* traería a las observaciones científicas de los fenómenos naturales?

El mayor representante de la Ciencia Moderna ha sido Isaac Newton, quien introdujo las leyes fundamentales de la física, tales como los principios de masa e inercia y la ley de gravitación universal. Las leyes newtonianas, por lo general, tienen estas cuatro principales características:

1. Abordar fenómenos de carácter reversible. Esto quiere decir que los fenómenos se desarrollan de una manera prevista (prevista por esas leyes) en los dos sentidos de la flecha del tiempo: hacia el pasado o hacia el futuro. Por ejemplo, cuando una gota de agua cae en un frasco de tinta china. ¿Qué es lo que ocurre? Que aquella gota pasa a formar parte del líquido de tinta china, conteniendo los componentes de ésta. Según los postulados de la ciencia clásica, sería posible que ocurra que del líquido de tinta china caiga una gota de agua sin ninguna partícula de tinta china. ¿Sería posible? O, mejor dicho, ¿sería probable? ¿Qué tan probable? Es como contemplar una película de cine en movimiento, pero en el sentido contrario (nosotros decimos: hacia “atrás”) de cómo está presupuestado proyectarla. ¿Cuál es la reacción más común? Incredulidad, risa. “Esto es inconcebible”, decimos. Pero, ¿por qué es inconcebible? A la ciencia

¹⁵ *Ibid.*

clásica le estaría faltando un elemento que le podría permitir aproximar más sus modelos matemáticos a la realidad concreta. Se retomará este tema más adelante.

2. Son idealizadas: Es decir, al servicio de la resolución de condiciones ideales. Por ejemplo, "calcule la magnitud de la fuerza que una persona ejerce al empujar un carro, pero desprece la fuerza que ejerce contra el mismo carro el roce con el suelo"; "calcule la velocidad con que cae la piedra de tal masa desde tal altura, pero no considere la fuerza del roce con el aire"; etc. En situaciones como éstas, son abstraídos algunos elementos que son importantes para abordar problemas más complejos. En los dos ejemplos, uno de aquellos elementos es el roce con el suelo o con el aire. ¿Cómo se podría abordar fenómenos más complejos, como los torbellinos o como el mismo desarrollo de un sistema tan vasto como el Universo?

3. Son deterministas: Dadas unas condiciones iniciales bien definidas se obtendrá un único resultado. Por ejemplo, si a una bola de billar se le da un golpe con un taco, imprimiéndosele una cierta fuerza con un cierto sentido (espacial) y dado un determinado "coeficiente de roce" de la alfombra de la mesa de billar, la bola se detendrá en tal punto o golpeará las demás bolas con magnitudes tales (en términos de fuerza) que determinarán un solo conjunto posible de movimientos de todas las bolas, vale decir, un solo cambio de escenario, de posición de las bolas, con respecto a las posiciones que ocupaban antes de darle un golpe a una de ellas.

4. Son posibles, por ser deterministas sólo en situaciones de equilibrio: Es decir, donde existen condiciones tales que previenen un fenómeno homogéneo: todas las bolas de billar tienen la misma masa y el mismo tamaño, son de una sola composición, toda la alfombra de la mesa de billar está perfectamente nivelada, con un coeficiente de roce homogéneo en toda su superficie, etc. (Eventualmente, si la situación se la aborda en forma demasiado idealizada, se podría no considerar la fuerza de roce de la alfombra de la mesa.)

Los fenómenos naturales están orientados hacia un solo sentido, hacia un solo resultado, un solo futuro probable; es un escenario lineal de futuro. Sin embargo, aquéllos también pueden ser leídos en el sentido contrario, sin establecerse la diferencia (o sea, son fenómenos *reversibles*).

Para el estudio del Universo, la Ciencia Moderna concebía primeramente el sistema planetario con el Sol en el centro, en vez de serlo la Tierra. No hay conexión entre la *dirección* en que orbiten los planetas alrededor del Sol y la *flecha del tiempo*. Da lo mismo, en términos de la teoría, que los planetas giren hacia una dirección u otra.

Luego, el cosmos es concebido como un sistema estático de cuerpos celestes, cuyo ordenamiento no tiene principio ni final. Las leyes newtonianas son aplicables a todos los fenómenos del Universo, desde los movimientos a nivel subatómico hasta los de los planetas y de las estrellas, y sea en un sentido o en otro de la flecha del tiempo. Todo esto quiere decir que las leyes son *ahistóricas* y *atemporales*, que no contemplan la posibilidad de que el Universo sea un sistema en evolución, es decir, en constante transformación, y que para el astrofísico canadiense Hubert Reeves haya tenido un patrón bastante definido, que pronto revelaremos.

En el siglo XIX, el físico Ludwig Boltzmann advirtió cómo la física continuaba considerando los fenómenos naturales sin ninguna noción de historicidad de los mismos, mientras que la química, la geología y la biología ya incorporaban este elemento. La biología de Darwin ya trabajaba con un enfoque teórico basado en la

historicidad de la evolución de las especies vivientes, con escenarios ecológicos y geológicos que no se volverán a repetir; tal es la *irreversibilidad* de tales fenómenos.

Ante la equivalencia entre pasado y futuro, Boltzmann intentó, sin éxito, seguir el ejemplo de Darwin, dando una explicación evolucionista de los fenómenos físicos. Sin embargo, la Revolución Industrial sentó las bases de una disciplina que fue incorporando (no sin grandes resistencias) la flecha del tiempo en sus enfoques acerca del cosmos y de su historia: se trata de la Termodinámica. A su vez, esta disciplina introdujo un concepto que provocaría un cambio lento pero persistente de paradigma y que es clave en la presente Tesis: el concepto de *entropía*.

EL CONCEPTO DE ENTROPIA

A partir de mediados del siglo XVII, en Inglaterra, el proceso de manufacturación de materias primas comenzó a aumentar su rendimiento y dio una velocidad mayor a la producción de mercancías. Para esto se contó con el aporte de diversos científicos, tales como James Watt, quien fue el inventor de la máquina de vapor, la cual contribuyó al inicio de un proceso de industrialización en la sociedad europea, que revolucionó el ambiente económico, social, cultural y político. Además, Ciencias Naturales y Ciencias Sociales se acercaron juntas, de alguna manera, al problema de la entropía.

Fue durante la Revolución Industrial cuando la burguesía ascendió al poder político y económico, aunque alrededor de 1848, Europa se vio polarizada y enfrentada entre burgueses y obreros fabriles. Karl Marx es el gran teórico de las Ciencias Sociales de aquel convulsionado tiempo: según su teoría del valor-trabajo, los empresarios aumentan la jornada de trabajo o introducen nuevas máquinas para hacer ascender los beneficios particulares y para constituir un "ejército de reserva" -grupo de trabajadores cesantes- con tal de hacer bajar el valor real de los salarios.¹⁶

Así, surge en la conciencia social la noción del gasto: *tomar o ganar algo tiene un precio. Para ganar algo, hay que perder algo*. La acumulación capitalista en régimen de competencia se realiza a costa de la pauperización de los trabajadores -lo que advierte la teoría de Marx. La producción industrial produce "externalidades económicas", es decir, se realiza a costa de la contaminación del medio ambiente.

El campo científico natural no escapó de la conciencia del gasto y del costo. A partir de la Revolución Industrial y con el uso de las máquinas de vapor, los físicos se preguntaron: ¿Cómo y hasta qué punto se puede mejorar el rendimiento de tales máquinas? A partir de tales estudios nacieron los principios de la termodinámica y las nociones de energía y entropía, sumamente vinculadas a los temas de uso, costo y pérdida, muy ligadas a la economía.

Los enunciados formales de los principios de la termodinámica

Primero ilustraremos las leyes de la Termodinámica tal como son enunciados en los manuales de Física General.

¹⁶ HARNECKER, Marta, *Los Conceptos Elementales del Materialismo Histórico*, Siglo XXI Editores S.A., 7ª Edición, Santiago de Chile, 1971, págs. 270 - 274.

La primera ley "establece la ley de la conservación de la energía. Es decir, establece que si la cantidad de energía térmica", proporcionada por el entorno, "fluye dentro de un sistema, entonces ésta debe aparecer como un incremento de la energía del sistema y/o como un trabajo efectuado por el sistema sobre sus alrededores".¹⁷

La segunda ley, por su parte, se puede establecer de tres formas diferentes:

1. La energía calórica (el calor) fluye espontáneamente desde un objeto más caliente a uno más frío, *pero no en sentido inverso*.
2. Ninguna máquina de calor que trabaja en ciclos continuamente puede cambiar *toda la energía consumida en trabajo útil*.
3. Si un sistema experimenta cambios espontáneos, éste cambiará en tal forma que *su entropía se incrementa o, en el mejor de los casos, permanezca constante*.¹⁸

En suma, "la Segunda Ley establece la *dirección* en que ocurrirá un cambio espontáneo, mientras que la primera Ley dice *si es posible o no un cambio*, de acuerdo con el principios de conservación de la energía".¹⁹

Un ejemplo de la primera forma de la segunda ley: Se observa fácilmente en el hecho de que, a temperatura ambiente, un objeto más caliente, como el té hervido en una taza, se va igualando a la temperatura de la taza y del medio ambiente. De esta manera, el aumento de la entropía consiste en que las temperaturas quedan igualadas entre el té y el medio ambiente + la taza (el entorno). En cambio:

- No puede darse un fenómeno tal en que se observe que el medio ambiente y/o las paredes de la taza se igualen a la temperatura (= 100° C) que esté teniendo el té.
- Tampoco puede el té, habiéndose igualado su temperatura a la del medio ambiente, recuperar espontáneamente, por sí misma, los 100° C. Por lo tanto, la dirección espontánea sólo se da en una sola dirección: este hecho se asocia con *fenómenos irreversibles*.

Un ejemplo de la segunda forma de la ley enunciada: Es el uso de bencina en los automóviles: parte de la energía utilizada se degrada en dióxido de carbono y otros gases (esto lo explicaremos mejor un poco más adelante).

La tercera forma de la Segunda Ley habla de la *entropía*, un concepto clave que explicaremos a continuación.

Según Reeves, la entropía tiene diversas definiciones, pero todas relacionadas con una misma idea. Presentaremos a continuación tres formas de definirla.

1. Entropía y energía utilizable

Podemos definir el concepto de entropía como la medida del valor de la energía utilizable: *cuanto más utilizable es la energía, menor es la entropía*. Cuando el Universo llegue a la máxima homogeneidad térmica, y como la energía utilizable se obtiene a partir de la diferencia de energía entre un ambiente y su entorno, entonces

¹⁷ BUECHE, Frederick J., *Física General*, Mc Graw-Hill, Tercera Edición en Español, México, 1989, pág. 173. Se han omitido las anotaciones algebraicas contenidas en el texto original, con el objetivo de facilitar la lectura. Las cursivas son nuestras.

¹⁸ *Op. cit.*, pág. 183. Aquí también se han omitido las anotaciones algebraicas. Las cursivas son nuestras.

¹⁹ *Ibid.* Las cursivas son nuestras.

el Universo ya no tendrá más energía utilizable. *Es entonces cuando la entropía será máxima, y la "utilizabilidad" de la energía, nula.*

Sin embargo, aun cuando alguna energía sea utilizable, no será toda. No se trata de derroche: simplemente, es una situación inevitable. *No se puede utilizar toda la energía disponible; siempre se va a degradar una parte de ella al usarla.* Se trata de la segunda forma enunciada de la Segunda Ley de la Termodinámica: no se puede *"cambiar toda la energía consumida en trabajo útil"*. Aquí las "máquinas de calor" trabajan en ciclos, de degradación y de reanudación de su funcionamiento, a costa del gasto de energía, que se disipa en parte al utilizarla.

Esto lleva a comprender también la primera forma enunciada de la Segunda Ley: la entropía *nunca disminuye en fenómenos espontáneos*; siempre aumenta, y en el mejor de los casos, permanece constante.

Un ejemplo concreto es el uso de la bencina (de poca entropía) en los automóviles: la bencina es introducida en el automóvil, y parte de la energía que contiene es utilizada para hacer mover las bujías y, por lo tanto, el mismo automóvil, y otra parte de la misma se degrada en forma de gases que salen por medio del tubo de escape. Estos gases contienen monóxido de carbono, entre otras sustancias, que no se podrán volver a utilizar para crear más energía que pueda hacer rodar un automóvil.

Una pelota que cae desde una cierta altura, rebotando antes que quede en el suelo en reposo (sin movimiento con respecto a la Tierra), la altura alcanzada luego del primer rebote siempre será menor a la anterior; y la alcanzada luego del siguiente rebote, nuevamente será menor a la altura anterior. La disminución de la altura alcanzada se traduce en una pérdida de energía y un aumento de la entropía.

Esta situación se refleja en el primer principio de la termodinámica: no se obtiene todo por nada ni algo por nada; no hay pozo inagotable. De ahí que no pueda llegar nunca a existir la máquina de movimiento perpetuo. A partir de una tonelada de carbón se puede extraer una determinada cantidad de energía y nada más.

También se expresa en el segundo principio: ninguna energía utilizable es *enteramente utilizable* en beneficio propio. Al extraer energía, una parte de ella se disipa y no puede volver a ser utilizado para algún propósito ya realizado.

De acuerdo con el segundo principio, todos los acontecimientos de la realidad no hacen más que aumentar la entropía global, al menos en teoría. *Siempre habría una desvalorización de la energía.*

Reeves compara la Naturaleza con un casino, extrayendo la siguiente conclusión: la Naturaleza sería un casino "poco confiable", porque allí "nadie gana" (primer principio) y "siempre se pierde una parte de la apuesta" (segundo principio).²⁰

De esta manera, el concepto de entropía estaría ligado a un proceso *espontáneo* de degradación de energía (como la bencina), de nivelación de diferencias térmicas (como los gases), de homogenización molecular (como en los procesos cósmicos, que irán siendo explicado a lo largo del presente trabajo). Aquí se encuentra una primera aproximación a la introducción de la "flecha del tiempo": dado que la energía que se consume pasa a ser inutilizable, es justificable considerar a la mayoría de los

²⁰ REEVES, Hubert, *El Sentido del Universo. ¿Tiene sentido la vida?* Emecé Editores S.A., Buenos Aires, Argentina, 1989, pág. 77.

fenómenos (si es que no a todos) como procesos *irreversibles*, donde es totalmente posible hacer una distinción entre pasado y futuro para cada uno de ellos.

A partir de estas consideraciones, en la cosmología del siglo diecinueve surgió la siguiente inquietud: la muerte del Universo. Si en todos los fenómenos de la Naturaleza se producen gastos irremediables e irreversibles de entropía, ¿llegará el momento en que en el cosmos reine la máxima nivelación de las diferencias térmicas, la homogenización térmica, la "muerte térmica"?

Según la Segunda Ley de la Termodinámica, absolutamente sí. Esto daría lugar a una actitud definitivamente pesimista, pendiente del destino inexorable que nos esperaba...

Sin embargo, durante el siglo veinte, los cosmólogos han observado empíricamente un Universo *en expansión, en enfriamiento permanente y con crecientes diferencias de temperatura entre los núcleos estelares y el "fondo del cielo"*. En vez de acercarnos a la "muerte térmica", nos estaríamos alejando de ella. Considerando que si hay crecientes diferencias de temperatura entre los núcleos de las estrellas y el espacio cósmico en general, entonces no se estaría verificando la igualación térmica, y por lo tanto, el aumento de la entropía.

En lo que respecta a las conclusiones extraídas por los especialistas, Reeves ha establecido que la entropía *sólo ha aumentado un 0,1 por ciento en los quince mil millones de años de historia cósmica.*²¹

¿Por qué? Pronto iremos recogiendo algunas posibles respuestas del mundo científico contemporáneo a esta interrogante.

2. Entropía y organización/información

Ciertas formas de energía *serían utilizables en algunas condiciones y no en otras*. Así es como ocurre con los supergeneradores nucleares, al transformar el uranio 238 (casi inutilizable) en plutonio 239 (utilizable). En este fenómeno está implícito el concepto de *información*.

Primero, consideremos la posibilidad de que la organización sólo sea una idea metafísica, o sea, sólo una representación ideal de la mente. Al respecto, el filósofo Diderot realizaba la siguiente reflexión: si una persona arrojara basura a las hormigas, para ellas el conjunto de basura almacenada sería una *organización*. Para la persona que la arrojó, cabría la idea de "basura" como un montón de materia que ya no puede utilizar en su propio beneficio: es energía "sobrante", que ya no puede ser explotada. Sin embargo, las hormigas podrían utilizar aquella "basura" (desde el punto de vista de los humanos) como un sitio de refugio y alimentación. Luego, la idea de organización sería una ilusión, planteaba Diderot, ya que ello dependería del punto de vista del observador, sea humano o animal.²²

Reeves contesta a Diderot: un basurero sería percibido por las personas como desorganización, pero no por las hormigas, ya que de la basura éstas todavía podrían

²¹ *Op. cit.*, págs. 99-103.

²² *Op. cit.*, págs. 78-79.

extraer *información* y energía para su propio beneficio. Por lo tanto, aun cuando no haya *organización* desde el punto de vista de las personas, para las hormigas sí.²³

Luego, el concepto de entropía puede ser aplicado de manera *relativizada*. ¿Entropía con respecto a cual observador? Esto lleva a otra pregunta inquietante: ¿Puede ser abordada la entropía sin la participación del observador en el fenómeno que estudie? Esta interrogante será abordada en la Segunda Parte de la Tesis.

Aquí hay otro aspecto de la noción de entropía: es la medida de desorden, de caos, de la *ausencia de organización dentro de un sistema*. Cuanto mayor es la entropía, menor es la organización. Por lo tanto, para las hormigas, la basura humana, al contener información que explotar en beneficio de aquéllas, es, desde el punto de vista de las mismas, una organización. Para las personas no, que somos los que generamos tales desechos, y por lo tanto, desorden, organización, caos, energía no aprovechable, energía degradada.

Para fabricar un auto se necesita un manual de instrucciones que contenga la *información* necesaria para ello; sin embargo, no se lo necesita para formar chatarra a partir de un auto. El automóvil es una "organización". Para que se forme una organización, para fabricar un automóvil, se debe consumir energía (el funcionamiento mecánico y la energía biológica utilizada por los empleados que fabrican los automóviles en las industrias). Como sostiene Reeves: "A toda organización le corresponde una producción de entropía que debe evacuarse".²⁴

Un auto es una "organización" debido a que ha sido construido mediante un método determinado, o sea, se le ha inyectado información; contiene información previamente plasmada. Ahora, al hacer chocar un auto contra una pared de concreto, lo más probable es que se vea reducido a una chatarra "informe", desorganizada, ya que no podría volver a cumplir las funciones atribuidas a un automóvil. Pero, no obstante, siempre quedará alguna información disponible: por ejemplo, una rueda desprendida le puede servir a algún niño para construirse un columpio. Funciones lúdicas corresponden a la clase de información que el niño ha "extraído" de la rueda desprendida para aprovecharlo en su propio beneficio.

*De esta manera, la información es definida por Reeves como "el número de datos que deben darse para describir por completo un objeto (una organización) a un interlocutor que no tenga conocimientos previos acerca de ello".*²⁵

3. Entropía y probabilidades

Al hacer chocar un auto, al reducirlo a lo que los sujetos humanos interpretamos como "chatarra", se *pierde* información. *Es máximamente improbable que un choque convierta a una chatarra en un auto organizado*. De esta manera, la organización tiende a disminuir y la entropía a aumentar. Pasa lo mismo con la fotocopia "de una fotocopia de una fotocopia de una fotocopia...": a cada fotocopiado, la imagen se hace cada vez menos nítida. Se va perdiendo información, se van perdiendo detalles visuales; en suma, lo que se pierde son *datos* con que describir la imagen original.

²³ *Op. cit.*, pág. 79.

²⁴ *Op. cit.*, pág. 76.

²⁵ *Op. cit.*, pág. 80.

Esto corresponde a un tercer aspecto de la entropía: *la probabilidad de que un fenómeno se concrete de determinada manera o no*. Se puede volver al ejemplo del juego de billar. Antes de comenzar el juego, todas las bolas, menos una de color blanco, son depositadas sobre la mesa unas junto a otras, de manera que el conjunto de ellas describa la forma de un triángulo. Al darle el primer golpecito a la bola blanca que golpeará a las demás, éstas se moverán en línea recta, pero caóticamente, hasta que cuando todas se detengan, asumirán unas nuevas posiciones y el grupo de bolas describirá una forma geométrica irregular. En otros términos: las bolas han sido puestas unas junto a otras en forma de triángulo de tal manera que constituyeran una figura geométrica altamente organizada; y al mover la bola blanca, iniciándose el conjunto de movimientos de la primera jugada, la nueva forma geométrica, irregular, describe un estado de desorganización.

Sin embargo, es poco probable que mediante un nuevo golpe a la bola blanca, las demás se vuelvan a ordenar en torno a los límites dibujados en forma de triángulo. Es más: es la circunstancia *menos probable*. *Aquí nuevamente se justifica la idea de la irreversibilidad de los fenómenos naturales, ligada a la noción de probabilidades*.

La entropía como formadora de orden

Hasta aquí podemos asociar la entropía con un proceso de *nivelación de diferencias*, de homogenización térmica, de un paso espontáneo de máxima organización molecular (o térmica) a máximo desorden molecular (o térmica) y, finalmente, a procesos de degradación y muerte; en otras palabras, a monotonía y destrucción. Sin embargo, los científicos del siglo XX han establecido en la idea de entropía otra cara de la moneda.

Se puede decir que el triángulo define uno de los estados de máxima organización (al ser un cuerpo geométrico perfecto e idealizado), y por lo tanto, de mínima entropía. Es poco probable que el movimiento de las bolas dé como resultado un nuevo estado de alta organización, como un nuevo triángulo o incluso un cuadrado. No obstante, esto no quiere decir que la entropía *no* pueda generar nuevos órdenes. Según el químico, físico y filósofo belga Ilya Prigogine, sí puede generarlos. Para demostrarlo, otorga el siguiente ejemplo, con un experimento de termodifusión (difusión de gases de diferente temperatura). Se dispone de dos recipientes de vidrio, comunicados entre sí, con gases de hidrógeno y nitrógeno respectivamente. Este sistema parte de una *situación de equilibrio*, ya que ambos recipientes tienen *igual* presión y temperatura, y además porque las moléculas gaseosas se mueven al azar, sin moverse en una dirección determinada. Entonces se calienta un recipiente y se enfría el otro: se observa, por difusión del calor, un proceso de *separación* de ambos gases. Lo que se obtiene entonces es:

1. Debido al elemento externo (la energía calórica y las diferencias de tal energía en ambos recipientes), podemos decir que este sistema *se aleja* del equilibrio.
2. Pero, por otro lado, lo que obtenemos es un nuevo orden: un sistema de gases separados, mediante el gasto de entropía. Como acota Prigogine:

Este sencillo ejemplo muestra hasta qué punto nos es necesario liberarnos de la idea de que *la actividad productora de entropía es sinónimo de degradación*, de nivelación de diferencias. Pues si bien es cierto que debemos *pagar un precio entrópico* por mantener en su estado estacionario al proceso de termodifusión, también es cierto que *este estado corresponde a una nueva creación de orden*. Una nueva mirada se hace así posible: podemos ver el "desorden" producido por el mantenimiento del estado estacionario *como lo que nos permite crear un orden*, una

diferencia de composición química entre los dos recipientes. El orden y el desorden se presentan aquí *no como opuestos uno a otro sino como indisociables.*²⁶

Todo esto significa que la contribución entrópica a fenómenos naturales de alta organización puede generar situaciones de desequilibrio, pero ello *no* significa que la entropía sea sinónimo de degradación, desorganización, uniformización, homogenización, equilibrio y muerte. El gasto de entropía que pueda enfrentar una organización puede generar a la vez una nueva organización.

Sin embargo, los físicos del siglo antepasado (diecinueve) no enfocaban de esta manera la entropía, por lo cual tenían básicamente el supuesto de que el Universo iría inexorablemente a su máximo desorden y homogeneidad, y además, que la energía es utilizable siempre y cuando haya diferenciales de temperatura entre un sistema y su entorno. De esta manera, *estaban obligados a suponer un pasado mucho más organizado que ahora, lo cual significa que, a su vez, estaban obligados a suponer un orden original y sumamente organizado al principio de los tiempos.*²⁷

Pero, en contradicción con ese paradigma, Reeves hace notar que la inercia térmica no está al final sino al principio de los tiempos, de acuerdo con la información proporcionada por la radiación fósil. La historia del Universo no es de la degradación de algún orden inicial bien organizado, sino de mayor organización, de la edificación de la "pirámide de la complejidad", concepto de Reeves que examinaremos a continuación.

LA "PIRAMIDE DE LA COMPLEJIDAD" DE REEVES

¿Qué es la pirámide de la complejidad? Se trata de la formación de materia de variadas especies con diversas propiedades surgidas evolutivamente, a medida que el Universo se ha ido expandiendo y enfriando a lo largo de la "flecha del tiempo".

Según Reeves, los fenómenos naturales (y específicamente el desarrollo del cosmos) evolucionan como un lenguaje. Por ejemplo, el idioma español consta de 27 letras; si tomamos cinco letras diferentes al azar, combinándolas podríamos formar muchísimas palabras. Por ejemplo, con las letras P, L, A, T y O podríamos formar 120 palabras. Una de ellas, en particular, PLATO, nos proporciona una información mayor que cada una de sus letras separadas, por lo cual contiene una propiedad añadida y especial; sin embargo, la palabra ALTOP, en español, no nos proporciona ninguna información, ya que es un significante que no tiene ningún significado asociado en nuestro idioma. Por lo tanto, no da lo mismo cualquier *orden* en la combinación.

Cuando a esta palabra la colocamos en el contexto de una frase, nos proporciona una información aún mayor que la palabra sola; y así ocurre con la frase dentro de una oración; una oración dentro de un párrafo; un párrafo dentro de un capítulo; un capítulo dentro de un libro; un libro dentro de una biblioteca con otros libros de diversos temas...; etc. La letra, la palabra, la frase, la oración, el párrafo, el capítulo, el libro y la biblioteca son como peldaños ascendentes de una escalera. Cada "peldaño" contiene propiedades distintas, pero a medida que se asciende, aporta cada vez mayor cantidad de miembros por peldaño, mayor cantidad de información y mayor diversidad entre cada una de sus especies (al interior de cada peldaño)

²⁶ Texto citado por: ESTRELLA, Jorge, *El Universo Hoy*, Ed. Universitaria, Santiago de Chile, 1999, págs. 52 y 53. El experimento mencionado también se encuentra directamente ilustrado por Prigogine en la siguiente obra: PRIGOGINE, Ilya, *El Fin de las Certidumbres*, Ed. Andrés Bello, 4ª Edición, Santiago de Chile, 1996, págs. 28 - 31.

²⁷ REEVES, Hubert, *El Sentido del Universo...*, *op. cit.*, pág. 81.

Concordando con los tres puntos mencionados, existen sólo 27 letras, pero la posibilidad de formar oraciones es prácticamente infinita (por lo tanto, aumenta la diversidad entre los miembros de cada peldaño); y mayor aún la de fabricarse libros con distintos temas y diferentes ordenaciones de palabras, párrafos, etc.

De la misma manera ha evolucionado la materia a través de la expansión del Universo. A fines del siglo veinte se han descubierto que las partículas elementales, *hasta ahora presuntamente indivisibles*, son los *quarks* y los electrones. Combinándose, los quarks han formado protones y neutrones, que forman parte del núcleo del átomo, y que, por tanto, se llaman *nucleones*. Los protones, los neutrones y electrones se unen para formar *átomos*.²⁸

Un conjunto de átomos forman las *moléculas*. Un conjunto de varias moléculas simples constituyen *biomoléculas*, que forman parte de la materia viviente. Un conjunto de biomoléculas forman las *células*; un conjunto de células, un *organismo*. ¿Y un conjunto de organismos? Una sociedad: la de las abejas en una colmena, de las hormigas en un hormiguero, de los seres humanos.

Aquí se observa la misma ascensión por una escalera donde las propiedades que asume cada peldaño son distintas a las demás. A medida que se asciende, mayor es la variedad de las especies: sólo hay *seis* tipos de quarks (y sólo dos hay en este momento en la Naturaleza; los demás pudieron haber existido en los "primeros tiempos" del Universo, en el "puré cósmico", según creen los científicos²⁹), pero existen cerca de *cientos* variedades de átomos y muchas más de especies animales. Por otro lado, la cantidad por especie es mayor en los niveles inferiores: existen más de seis mil millones de seres humanos en la Tierra, frente a la gran cantidad de quarks que circulan por todo el cosmos. A partir de esta situación se justifica la gráfica de la evolución de la materia con la forma de una pirámide.

Sin embargo, lo más importante que trae el aumento de complejidad de la materia es una mayor organización de ella, *junto con propiedades nuevas que no contienen los "peldaños" inferiores*. Por ejemplo, una célula, compuesta por biomoléculas, cumple funciones de respiración, digestión, secreción de hormonas, síntesis de proteínas, etc., que una sola biomolécula no es capaz de realizar.

En el mundo biológico es un hecho fundamental: a partir de una limitada cantidad de átomos y de moléculas, se han generado diversas clases de tejidos, y un conjunto de estos conforman un *organismo viviente*. Si se considera al ser humano como el ser vivo más elevado en la pirámide de la complejidad entre los organismos vivientes, se puede verificar que la fase de transición de un peldaño a otro siempre se realiza en un solo sentido: *es un fenómeno irreversible en el Universo*. Además, ocurre solamente en condiciones favorables, asociadas a la actividad de las fuerzas de la Naturaleza y del descenso de la temperatura.

²⁸ Lo que recién hemos mencionado puede prestarse para ciertas confusiones. Por esta razón, aquí ofrecemos un medio para ordenar las ideas:

partículas elementales	= quarks	+ electrones
nucleones	= protones + neutrones	
átomos	= protones + neutrones + electrones	
	= nucleones	+ electrones

Unas últimas aclaraciones claves:

- Un conjunto de *quarks* forman nucleones, es decir, protones y neutrones. Dicho de otra manera: los protones y los neutrones pertenecen a la *familia* de los nucleones, y a su vez los nucleones están *constituidos* por quarks.
- Los protones y neutrones se llaman *nucleones* porque pertenecen al *núcleo del átomo*. Los electrones son las partículas que giran *alrededor del núcleo del átomo*.

²⁹ VIDAL, Juan Ramón, *Grandes Descubrimientos Subatómicos. El Increíble Mundo Menguante*, en Revista *Muy Interesante*, Nº 90, Editorial Lord Cochrane S.A., Santiago de Chile, Enero de 1995, págs. 58 - 60.

HACIA LA TEORIA DEL BIG-BANG

Albert Einstein "iba a asestar un golpe fatal a la idea del universo estático",³⁰ proporcionando la posibilidad de estudiar el comportamiento del Universo en su conjunto, pero también de elaborar "modelos de Universo", a través de la Teoría de la Relatividad General (1915), cuyas ecuaciones establecen que el cosmos está sometido a un movimiento de carácter global, *de expansión o de contracción*.

Al principio Einstein no quería aceptarlo, puesto que primero se había esforzado por demostrar la inmutabilidad del cosmos, pero las observaciones del astrónomo norteamericano Edwin Hubble en 1930 pusieron en evidencia empírica el movimiento de alejamiento de las galaxias, de donde nacería la idea de un Universo en evolución, cuya densidad y temperatura descienden a través de la "flecha del tiempo".

Sus instrumentos de detección fueron los telescopios del monte Wilson y el del monte Palomar. La medición se efectúa a partir del efecto Doppler-Fizeau, que consiste en detectar el sentido del movimiento de los astros a partir del color que emiten: la luz de un astro que se acerca a otros astros aparece de color azulado, lo cual querría decir que el Universo se estaría contrayendo; si el astro se aleja con respecto a todos los demás, aparece de color enrojecido.

Sus observaciones detectaron que todas las galaxias menos cercanas de la Vía Láctea se alejan de nosotros, y que las más lejanas se mueven más rápido que las más próximas. Este fenómeno sería corroborado por cualquier investigador en cualquier punto del cosmos. A este fenómeno se le ha llamado "la fuga de las galaxias".

Midiendo la velocidad de alejamiento de las galaxias se ha podido determinar la edad del Universo: unos 15 mil millones de años.

Las observaciones de Hubble originaron la teoría del Big Bang, el gran estallido inicial de todas las partículas del cosmos actual a partir de un Universo primitivo *de radio infinitesimal y de densidad casi infinita* (trate el lector de imaginar esto). Los padres fundadores de esta teoría fueron Alexander Friedman, Georges Lemaître y George Gamow.

En 1922, Friedman demuestra que las ecuaciones de Einstein permiten la descripción de un Universo evolutivo, mientras que en 1927, Lemaître constata la evidencia de tal hipótesis a partir de Hubble. Gamow, por su parte, integra la física nuclear en la cosmología evolutiva, prediciendo en 1948 la existencia de "radiación fósil", que es uno de los mejores descubrimientos a favor de la teoría del Big Bang.

Radiación fósil: la huella que delata el carácter homogéneo del Universo primitivo

Gamow razonaba de la siguiente manera: a medida que las galaxias se alejan entre sí, el Universo se enfría. Si es verdad que se enfría, y si se justifica un Universo primitivo (un "puré cósmico primordial") de una temperatura extremadamente alta, entonces debe existir en el cosmos actual una huella de esa época bajo la forma de una "radiación milimétrica",³¹ la cual es descubierta diecisiete años después, en 1965,

³⁰ REEVES, Hubert, *Últimas Noticias del Cosmos. Hacia el Primer Segundo / 1*, Ed. Andrés Bello, Santiago de Chile, 1996, pág. 58.

³¹ *Op. cit.*, pág. 125.

por los astrónomos norteamericanos Arno Penzias y Richard Wilson, que observaron un "resplandor milimétrico" proveniente de todas las direcciones del cielo: la "radiación fósil", que se integra a la cosmología de Einstein, Lemaître, Gamow y Friedman.

La radiación fósil revela el estado de la antigua materia cósmica: desmesuradamente densa y cálida, un fluido sin estructura, la imagen de un "caos inicial". Sin embargo, la radiación fósil ha sido enfriada por la expansión del Universo.

Se ha establecido que ha sido emitida cuando el cosmos estaba a cerca de 3.000 Kelvin (3.000 K ó 3.000°C aprox.) hace 15 mil millones de años —que es la edad del Universo— (exactamente cuando el Universo tenía casi 1 millón de años). Actualmente, es de 3 Kelvin (3 K).³²

Los primeros datos de Penzias y Wilson mostraron una importante propiedad: la radiación es la misma en todos los puntos del cosmos; las variaciones de la temperatura de la radiación son inferiores al 0,01 por ciento (1 por cada 10 mil). Es un fenómeno llamado "isotropía" (iso = igual; tropos = lugar), la cual sugiere una fuente que no es local (el Sol, la galaxia), sino universal, ligada al conjunto del cosmos. Ello supone un origen extremadamente homogéneo del puré primordial —y no heterogéneo y organizado, como era la hipótesis de los cosmólogos del siglo diecinueve.

A partir de todos estos datos iniciales, Hubert Reeves presenta en forma más sistematizada lo que hubiera sido la historia del Universo, donde advertimos un paradigma muy diferente al del Universo estático: las leyes de la física no son ahistóricas ni locales, sino más concretas, por cumplirse en fases específicas de la historia cósmica a medida que avanzamos en la flecha del tiempo.

LA HISTORIA DEL UNIVERSO

Como dijimos, Reeves sostiene que la historia del Universo no es de la degradación de algún orden inicial bien organizado, como era la suposición de los cosmólogos del siglo XIX (que no concebían la entropía como productora de nuevas organizaciones), sino que la edificación de la "pirámide de la complejidad", de mayor organización.

Para explicarse tal fenómeno, añade que no es necesario suponer alguna posibilidad de milagro o de intervención divina especial, ya que la materia ya habría poseído toda la información necesaria para enfrentar la creciente organización (lo cual no quiere decir "fenómenos previsibles") al principio de los tiempos.³³ Pero... ¿por qué? Aquí el autor reconoce que la ciencia todavía no obtiene respuesta para esto.

Fotones (las partículas de la luz): agentes universales de entropía

¿Cómo se forma una estrella? Explicado de manera sencilla, un volumen de materia gaseosa se derrumba sobre sí misma, por efecto de su propia gravedad; se contrae, se opaca, se calienta y se convierte en un "embrión estelar". Manifiesta cierto grado de

³² Para traducir grados Kelvin a Celsius, basta con restar 273,15 a cualquier valor en Kelvin. Sin embargo, cuando las cantidades son muy grandes, no es necesario hacer la conversión. (BUECHE, Frederick J., *Física General, op. cit.*, Cap. 15, pág. 144.)

³³ La frase «principio de los tiempos» es muy relativizable: en realidad se habla de un principio acordado por los científicos *por convención*, ya que para antes de ese principio, —a los 10³² segundos (un 1 precedido por 31 ceros después de la coma decimal)—, no se pueden aplicar las leyes de la física que están disponibles en la actualidad; hay un muro que no nos permite observar más hacia el pasado, que recibe el nombre de "Muro de Planck". REEVES, Hubert, *El Sentido del Universo...*, op. cit., págs. 145 y 146.

organización: es esférica, ligeramente achatada en los polos si gira.³⁴ Hay una disminución de la entropía en el volumen estelar y un crecimiento de la misma, en igual cantidad "por lo menos", en el resto del espacio, tal como lo exige el segundo principio de la termodinámica. La entropía aumenta en el espacio cuando la estrella emite luz. *La física enseña que la luz emitida por un cuerpo caliente es una de las sustancias más desorganizadas y más entrópicas que existen.* De esta manera, la formación de la estrella (de una organización) aporta a la entropía universal, es decir, a la desorganización del mundo exterior. A este precio es como la estrella puede formarse, disminuyendo su propia entropía.

En todos los peldaños de la pirámide de la complejidad, *la materia del Universo se organiza emitiendo luz.*

Reeves enuncia una "regla de oro" que de ahora en adelante deberemos tener en cuenta (que no es cierta en todos los casos, pero sí en los mencionados aquí): *La entropía de un sistema es proporcional al número de elementos que contiene.* De esta manera, brillar, para una estrella, es crear *fotones (partículas de la luz)*, los cuales aumentan la población de partículas del Universo, y por lo tanto, su entropía.

Entropía y gravedad

Una sopa fría se calienta aplicándole calor (o energía calórica); se la enfría dejándola en la tibia cocina, donde pueda perder calor, emitido al ambiente. *Las estrellas, en cambio, tienen un comportamiento inverso: una pérdida de calor las calienta, un aumento de calor las enfría.*

¿Por qué? Una estrella ve cómo su temperatura crece cuando *emite energía térmica* (calor) al espacio. Por eso las estrellas son frías al nacer y muy pero muy calurosas al morir. Con este particular comportamiento térmico, son las grandes responsables de la aparición de las diferencias de temperatura en el Universo.

Tal comportamiento se debe a la fuerza de gravedad, que mantiene a las estrellas su forma esférica y materialmente cohesionada; le impide dispersarse en el espacio. En cambio, la sopa es demasiado poco maciza, por lo que la gravedad no tiene importancia (lo que la mantiene cohesionada es la fuerza electromagnética). *La sopa acrecienta la entropía del Universo enfriándose, mientras que la estrella lo hace calentándose.* Para una estrella, brillar es crear y emitir al espacio fotones portadores de entropía.

La "regla de oro" de la entropía es aumentar el número de partículas, y se puede hacer de varias formas: una de ellas es que la Tierra descomponga los fotones amarillos solares en infrarrojos (un aumento de veinte veces); otra es transformando la materia en luz, como lo hacen las estrellas. Para crear luz (fotones amarillos), el Sol sacrifica una parte de su masa (casi 4 millones de toneladas por segundo).

Entropía y fuerzas de la naturaleza

En la física se han definido cuatro fuerzas distintas en la naturaleza: fuerza de gravedad, fuerza electromagnética, fuerza nuclear fuerte y fuerza nuclear débil.

³⁴ *El Sentido del Universo...*, op. cit., págs. 90-91.

Las tres primeras son las que generan estructuras estables en la naturaleza (por lo que no consideramos la fuerza nuclear *débil*): la gravedad une los planetas, las estrellas y las galaxias; la electromagnética une los átomos y las moléculas; y la nuclear fuerte une los núcleos de los átomos. Para mayor claridad, véase el siguiente cuadro.³⁵

INTERACCIÓN	FUNCIÓN	FUERZA RELATIVA (con respecto a la fuerza fuerte)	LUGAR DONDE SE MANIFIESTA
FUERZA FUERTE	Mantiene unido el núcleo del átomo	1	Núcleo del átomo
FUERZA ELECTROMAGNÉTICA	Mantiene unido el átomo	1/1.000	Átomo
FUERZA DÉBIL	Provoca la desintegración radiactiva	1/100.000	Desintegración radiactiva
FUERZA DE GRAVEDAD	Mantiene unidos los sistemas planetarios	10^{-38}	Sistemas planetarios

Como se aprecia en el cuadro, las tres fuerzas de la Naturaleza que son responsables de las estructuras *estables*, actúan según diferente radio de acción: la que parece no tener límites es la gravedad, ya que se manifiesta para grandes distancias (mantiene en órbita planetas, satélites, estrellas y galaxias), mientras que la fuerza electromagnética solamente actúa a nivel atómico, y la fuerza fuerte, sólo a nivel del núcleo del átomo (a distancias mucho menores todavía).

Sin embargo, la gravedad no tiene la fuerza suficiente para mantener unidas las partículas elementales, como sí es capaz la fuerza nuclear fuerte. De esta manera, *a menor fuerza relativa, mayor radio de acción; y además, mayor participación en los niveles más altos de la pirámide de la complejidad.*

El principio de la unión es siempre el mismo: asociando los elementos, la fuerza transforma una parte de su masa en energía que se arroja al espacio, dando como resultado un sistema menos masivo que la suma de los elementos originales, así como también más complejo (un peldaño más arriba de la pirámide). Los fotones transportan la entropía que se debe pagar por esta fase de organización.

Las leyes de la física no han variado en los últimos quince millones de años. *En los primeros tiempos del Universo, las tres primeras fuerzas de la naturaleza existían en el puré primordial, pero debido a las extremadas temperaturas que reinaban, eran inoperantes, y sólo han podido funcionar gracias a la expansión del Universo y al descenso de la temperatura.* No había uniones ni transformación de materia en luz.

Sin embargo, la existencia de tales fuerzas no basta para explicar la construcción de sistema complejos en el Universo. El siguiente ejemplo, dado por Reeves, es el elemento que completa el puzzle, introduciendo las ideas de equilibrio y desequilibrio de los fenómenos cósmicos.

Los caballos del lago Ladoga: sobrefusión y reacciones en desequilibrio

En la estepa rusa, invierno de 1942, durante la invasión nazi, un bosque es incendiado por bombardeos aéreos, y ante esto, unos caballos se precipitan a un lago,

³⁵ Gráfico extraído de la siguiente fuente: VIDAL, Juan Ramón, *Grandes Descubrimientos Subatómicos...*, op. cit., pág. 62. Para la confección de este gráfico sólo se han considerado los datos más relevantes para esta Tesis.

todavía líquido a pesar de la ola de frío que reinara hace pocos minutos. Mientras nadan a la otra orilla, con la cabeza fuera del agua, el agua se hiela de pronto, encerrando a los caballos en una cárcel de hielo. ¿Qué ha ocurrido?

Al enfriar una capa de agua, y cuando la temperatura llega a 0°C, tendría que pasar a estado sólido, pero eso depende de la *rapidez* con que se efectúe la fusión: si se enfría rápido, el hielo tarda en formarse (como les pasó a los caballos del ejemplo), y el agua se mantiene en estado líquido muy por debajo del punto teórico de congelación (0°C). Este fenómeno se llama *sobrefusión*. Sin embargo, el proceso de congelación puede ser acelerado arrojando bruscamente al agua granos de arena –o los pelos de los caballos del ejemplo. La arena y los pelos cumplen la función de *centros de nucleación* del hielo en formación. Un agua muy pura puede quedar mucho tiempo en sobrefusión. (Análogamente ocurriría en procesos de evaporación.)

Un ejemplo más cotidiano: Dentro de un agua salada que se enfría, se forman cristales que hacen aparecer largas y finas agujas. Cuanto más rápido es el enfriamiento, más finos son los arabescos y siempre nuevos, siempre distintos. En cambio, enfriándola muy lentamente, se obtiene un gran bloque de sal. El resultado es cada vez el mismo, *perfectamente previsible*.

La formación del hielo pasa por diversas reacciones, que necesitan seguir su propio ritmo, y para eso, hay que darles tiempos. Si el enfriamiento es lento, siguen su ritmo y el hielo se desarrolla en *equilibrio*: el gran bloque previsible. La sobrefusión ocurre cuando el líquido se enfría con mucha rapidez en relación a la duración de las reacciones. Cuando esto último ocurre, las reacciones no transcurren ordenadamente, y por tanto, no permitiendo la uniformización de su producto final. El *desequilibrio* resultante introduce en el hielo *lo imprevisible y lo aleatorio*. Por lo tanto, “las heladas crines de los caballos del lago Ladoga eran todas distintas”.³⁶

Todos los cristales de nieve tienen seis puntas, pero son todos diferentes. *La diversidad se debe a la acción de una fuerza en contexto de desequilibrio*. En equilibrio (enfriamiento lento), la ley es determinante y el azar está ausente; por eso todos los bloques de hielo se parecen.

En palabras de Prigogine, lo que experimentan los fenómenos en contextos de equilibrio, son *bifurcaciones y transiciones de fase* con gasto de entropía asociado. En equilibrio, el agua salada se convierte en un bloque de sal: hay una linealidad de acontecimientos entre las “condiciones iniciales” y el producto final. En cambio, en desequilibrio, la sal se cristaliza, cada componente configura un resultado distinto, de tal manera que todos los cristales resultan ser de diferentes figuras, *únicas e irrepetibles*. (Ocurre lo mismo con las bolas de nieve: si se las mira con una lupa, se observan cristalizaciones, todas con seis puntas, pero con motivos figurativos únicos e irrepetibles.) De esta manera, las reacciones se diferencian entre sí, es decir, se *bifurcan*, configurando una *transición de fase*. *Cada una de las dos ramas de una bifurcación representan nuevos estados estables de equilibrio*.³⁷ Cada cristal es una nueva organización y un nuevo estado de equilibrio. (Vinculemos esta idea con el experimento de los recipientes con hidrógeno y nitrógeno.) A medida que la reacción se aleja del equilibrio, las bifurcaciones de ramifican, a la manera de un árbol.³⁸

³⁶ REEVES, Hubert, *El Sentido del Universo...*, op. cit., pág. 112.

³⁷ SPIRE, Arnaud, *El Pensamiento de Prigogine*, Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 2000, págs. 24 y 25 y 28 – 30.

³⁸ COVENEY, Peter y HIGHFIELD, Roger, *La Flecha del Tiempo. ¡Esto es un auténtico caos!*, en Revista *Muy Interesante*, Nº 59, Editorial Lord Cochrane, Junio de 1992, págs. 13 – 17.

La historia del Universo, como se apreciará a continuación, es fruto de una serie de reacciones en estado de desequilibrio, y es en este contexto donde intervienen las fuerzas de la naturaleza para formar los elementos en ascenso a través de la "pirámide de la complejidad", con toda la diversidad y la variedad que ello ha implicado. Análogamente a la sobrefusión del agua, se producen a lo largo del tiempo procesos que Reeves llama (por orden cronológico): "sobrefusión nuclear (fuerte)", "sobrefusión electromagnética" y "sobrefusión gravitacional", que son (todas ellas) reacciones en contextos de desequilibrio.

Diversidad frente a uniformidad

Un sistema complejo, manifestación de la diversidad de sus partes que lo componen, proviene de la asociación de muchas partículas elementales por parte de las fuerzas de la Naturaleza, pero en ciertas condiciones. Las asociaciones sucesivas podrían llegar al estado más estable, que agote todas las posibilidades de asociación de cada fuerza.

Por ejemplo, las estrellas gigantes rojas obtienen su energía lumínica asociando núcleos de helio para formar carbono, que es una estructura nuclear más estable; después, a partir de carbono, magnesio (más estable que el carbono)...; y así, hasta llegar al hierro, el estado más estable que puede generar la fuerza nuclear.

La máxima expresión de la fuerza nuclear sería poder transformar toda la materia existente en la naturaleza en núcleos de hierro, pero no obtiene las condiciones apropiadas; para la fuerza electromagnética, la máxima uniformización sería transformar todos los sistemas atómicos en gases nobles³⁹, agua y CO₂ (dióxido de carbono); y para la fuerza de gravedad, transformar todos los astros en (algo cada vez más masivo, como son los) agujeros negros –y todos éstos en uno solo, universal.

Para ordenar estas ideas, a continuación presentamos el siguiente cuadro:

TIPO DE FUERZA	ELEMENTOS DE MÁXIMA ESTABILIDAD/ UNIFORMIZACIÓN
FUERZA NUCLEAR (FUERTE)	NÚCLEOS DE HIERRO (Fe)
FUERZA ELECTROMAGNÉTICA	GASES NOBLES - AGUA - CO ₂
FUERZA DE GRAVEDAD	AGUJERO(S) NEGRO(S)

Todo esto quiere decir que las fuerzas de la naturaleza no generan por sí solas la diversidad. Ciertas condiciones evitaron la uniformidad del hierro, de los gases nobles y de los agujeros negros en el Universo. ¿Cuáles fueron?

Al "inicio de los tiempos", la fuerza nuclear está inhibida por el intenso calor. Los nucleones son libres. La materia nuclear está en un estado de estabilidad mínima (o sea, no hay núcleos). Pasa el tiempo, baja la temperatura y la fuerza nuclear entra en acción gracias a la acción de las fases termonucleares de las estrellas. Los núcleos formados (Carbono, Oxígeno, Helio, Silicio) son de estabilidad intermedia. También hay núcleos pesados, por lo que la fuerza nuclear ya ha actuado, pero sin agotar todas sus posibilidades, convirtiendo todo en hierro. Es una estabilidad no alcanzada por

³⁹ Helio, Neón, Argón, Kriptón y Xenón. Estos gases se llaman «nobles» porque no se mezclan con ningún otro elemento químico, fenómeno que expresa el alto potencial de «uniformización» que contienen tales sustancias.

completo, y de aquí nace la variedad del "paisaje atómico". No basta combinar partículas para crear la diversidad. Estamos en una moratoria entre dos uniformizaciones: la de las estabilidades mínima y máxima. La máxima parece alejarse sin cesar, al contrario de lo que hubieran supuesto los cosmólogos del siglo XIX.

Los estados de sobrefusión: nuclear, electromagnética y gravitacional

Gracias a la extremadamente elevada temperatura del Universo en sus primeros tiempos, las interacciones nucleares en el puré cósmico son ultrarrápidas, formándose núcleos que se disocian enseguida, en condiciones de equilibrio. Cuando el puré se enfría, las reacciones se alargan en el tiempo. Hacia el primer minuto, por debajo de los mil millones de grados, algunos núcleos pueden resistir el calor. *Tal como el agua se hiela a 0°C, la materia nuclear se "hiela" a mil millones de grados.* A temperaturas más elevadas, los nucleones (protones y neutrones) son libres, tal como las moléculas de agua de un líquido. Por debajo de estas temperaturas, la fuerza nuclear los fija. El núcleo de hierro es equivalente al bloque de hielo. Este proceso se llama *nucleosíntesis*.

Si la expansión del Universo hubiera sido más lenta, la materia cósmica se hubiera convertido toda en núcleos de hierro. La transmutación del hidrógeno en hierro exige períodos muy largos. Como en realidad ha sido en cuestión de minutos, la fuerza nuclear no ha agotado todas sus posibilidades de unión. *Éste es un estado de desequilibrio (nuclear).*

Aquí hay ciertas consecuencias para la aparición de la vida en la Tierra. El hidrógeno, formado en estas condiciones, se convertiría en el principal carburante de las estrellas y les aseguraría la larga duración requerida para que emerja la vida en la Tierra. *En un Universo de puro hierro, las estrellas hubieran durado mucho menos.* Las moléculas gigantes, en esas circunstancias, no se hubieran podido formar por la falta de Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y Nitrógeno (C-H-O-N, las moléculas que conforman toda materia viviente); y si hubiera habido alguno de esos átomos, de todas maneras hubiera sido difícil por la corta duración de las estrellas recién nacidas.

Las uniones de los átomos y moléculas son mucho más débiles que las de los núcleos atómicos. *Los átomos de hidrógeno se forman en un contexto de equilibrio: todos los protones y electrones libres se combinan.* ⁴⁰ *Los átomos de helio se forman en desequilibrio* ⁴¹, y luego, átomos de estabilidad intermedia, como C-H-O-N.

La energía liberada por la unión de átomos y moléculas es *entropía electromagnética*, que realiza inmediatamente su valor máximo, *encarnado en el átomo de hidrógeno, que es el estado más estable.* Por tanto, la información electromagnética se alcanza cuando las estrellas dispersan por el espacio átomos que se combinan para formar las primeras moléculas, de estabilidad intermedia.

El radio de acción de la fuerza de gravedad pareciera no tener límites; según Einstein, gobierna el modo de expansión conjunta del Universo, en contraste con las fuerzas fuerte y electromagnética, que actúan a niveles inferiores de la pirámide de la complejidad, y que sólo tienen su radio de acción para distancias muy pequeñas (unión de átomos y de sus componentes). Además, la gravedad interviene en dos escalas: a escala global, sobre la materia cósmica en su conjunto (y nada puede neutralizar su

⁴⁰ El átomo de hidrógeno contiene un protón y un electrón.

⁴¹ El átomo de helio contiene dos protones y dos electrones.

efecto), y a escala local, en las capas de materia dispersa que reúne para convertirlas en galaxias y estrellas (pero el calor del "puré primordial" impedía toda condensación de materia).

La gravedad actúa al momento de emitirse la radiación fósil, a 3.000 grados (algo así como el punto de "congelación" de la gravedad), formando galaxias y estrellas. En este momento se crean los primeros átomos de hidrógeno, el puré deja de serlo, y el plasma (conjunto de cargas eléctricas) pasa a estado de gas (sin carga eléctrica). Cuando los electrones se combinan con los protones, el calor inicial pierde sus originales potencias inhibitoras. Entonces, muy lentamente, las galaxias se condensan, y se forman por la acción de su propia gravedad, que va creciendo con la contracción, produciéndose un efecto "bola de nieve".

La formación de las estrellas libera fotones: *el retraso de las estrellas en formarse y en desprender su luz, produce "información gravitacional"* (estado de desequilibrio). Hay *"sobrefusión gravitacional"*: para llegar a estados más estables, la materia necesita condensarse, desprender energía y formar galaxias, estrellas, "centros de nucleación" gravitacional, lo cual requiere mucho tiempo, miles de millones de años.

El sistema Tierra-Sol

La relación entre información, organización y entropía es la siguiente: sin información, no hay organización; y la entropía es el "impuesto" que se paga por crear organización.

De la formación de estrellas y galaxias, pasamos específicamente al funcionamiento de intercambios energéticos entre la Tierra y el Sol.

La superficie solar está más caliente que la superficie terrestre. Gracias a esta diferencia de temperatura, hay una condición de desequilibrio (térmico) en el sistema Sol-Tierra, y por lo tanto, la energía del Sol es utilizable en la Tierra. A partir de esta información, la biósfera mantiene y crea la vida.

Pero la diferencia de temperatura también se encarga de la entropía que se va a pagar al Universo. Cada segundo, la Tierra recibe la energía luminosa del Sol, en forma de *fotones amarillos* que rápidamente son absorbidos por el suelo. La energía lumínica se convierte en calórica, para luego ser devuelta al cielo en forma de *luz infrarroja*. (*El color de los fotones depende de la temperatura del lugar de procedencia*).

De ahí que el sistema Tierra-Sol sea una verdadera "fábrica de entropía". Si la Tierra no existiera, los fotones solares seguirían su camino por el espacio, sin interrupción. Esto significa que, ya que *la superficie solar es veinte veces más calurosa que la terrestre*, la Tierra "rompe" los fotones solares en partículas veinte veces menos energéticas pero veinte veces más numerosas; *es decir, son veinte veces más portadoras de entropía*.

Estas partículas emanan de la Tierra y se dirigen al espacio para acrecentar la entropía universal. Sin embargo, *no todos los fotones solares se convierten en fotones terrestres*.

Los fenómenos responsables de la organización y de la vida aprovechan este flujo. Las plantas verdes interceptan y almacenan parte de la energía solar para realizar su

proceso de fotosíntesis, contribuyendo a su crecimiento y organización. Los animales herbívoros utilizan la energía almacenada en estas plantas, mientras que los animales carnívoros utilizan la energía almacenada por los carnívoros (*en cada paso de la cadena alimentaria hay una degradación de la energía, y por lo tanto, entropía*). Esta secuencia es una progresiva "revalorización" de una parte de la energía solar en estructuras cada vez más eficaces. De esta manera, la *información* crece sin cesar (y esto mismo es lo que ocurre a escala cósmica).

La superficie terrestre, al degradar los fotones solares, contribuye en ella misma a la creación de obras cada vez más complejas, más organizadas y más alejadas del caos de los "primeros tiempos" del Universo.

CONSECUENCIAS QUE TIENE EL ENFOQUE DE LOS FENÓMENOS EN CONDICIONES DE "NO EQUILIBRIO" EN LA NATURALEZA

La incorporación de la "flecha del tiempo" en los fenómenos naturales

Para la producción de entropía, en condiciones de desequilibrio y en estados de heterogeneidad térmica es donde tiene sentido incorporar la "flecha del tiempo", sin que ésta sea nada más que un concepto metafísico. De esta manera, son procesos irreversibles las reacciones que ocurren globalmente en el Universo.

Si observáramos la órbita de la Tierra alrededor del Sol en ambos sentidos, no se notaría ninguna diferencia: no se sabría hacia qué dirección debiera girar el planeta, lo cual se traduciría teóricamente en que *no habría aumento neto de la entropía del Universo*. Este fenómeno cósmico tendría un carácter *reversible*, dentro de un contexto de *equilibrio*.

Sin embargo, utilizando instrumentos astronómicos adecuados, observaremos que la Tierra emite rayos infrarrojos al espacio; no es el espacio el que emite estos rayos a la Tierra, ya que (el espacio) es demasiado frío como para emitirlos, y además el color refleja un Universo en estado de expansión (según los descubrimientos de Hubble en 1925). *El desequilibrio térmico es directa consecuencia de la expansión del Universo*.

A partir de esta situación es como podríamos realizar una distinción entre pasado y futuro para el fenómeno de la órbita terrestre.

En la dirección opuesta, en vez de emitir rayos infrarrojos *al* espacio, la Tierra los recibiría *del* espacio, lo cual sería una situación altamente improbable, ya que ello reflejaría un fenómeno de contracción del Universo, al revés de lo que establecieron los descubrimientos de Hubble.

La expansión del Universo es (teóricamente) reversible (podría contraerse), *pero las condiciones que impone a la materia son la fuente de la irreversibilidad y de la novedad en los fenómenos naturales*. La expansión del Universo genera estados de desequilibrio (sobrefusión nuclear, electromagnética y gravitacional). *Así es como está inscrita la "flecha del tiempo", y de ahí que podamos justificarla como un recurso instrumental válido para el estudio de los fenómenos naturales*.

La flecha del tiempo deja de ser un mero recurso fenomenológico (una ingenua actividad mental del ser humano) o psicológico, para convertirse en el fundamento del estudio de los fenómenos naturales en contextos de desequilibrio. En otros términos:

el concepto de tiempo pasaría, de un carácter fenomenológico, a poseer un status ontológico.

El balance de la entropía global del Universo

Según Reeves, la entropía global del Universo es ínfima. Los fotones emitidos por todas las estrellas y galaxias habidas y por haber no son más que una milésima parte de todos los fotones que recorren el espacio, y cuya mayoría corresponde a la radiación fósil. Entropía = 0,1%. Esto, en aproximadamente quince millones de años. El Universo evoluciona prácticamente a entropía constante; o, como una afirmación equivalente, su expansión casi no ha *creado* entropía.

¿Por qué? Una respuesta, sólo teórica, podría ser que la expansión del Universo enfrenta una doble tendencia, pero con una contradicción en sus términos: por un lado, se asciende por los peldaños de la pirámide, alimentando con ello la vida, la diversidad y la variedad; pero, por otro lado, el ascenso paga el precio de la generación de la entropía, que podría conducir al Universo a la máxima uniformización térmica, nuclear y molecular. *Una tendencia nos lleva hacia la vida y la otra hacia la muerte.* Si la entropía global del Universo apenas ha aumentado, ello justamente es reflejo de la competencia que libran entre sí la vida y la muerte, el *eros* y el *tanatos*, el "instinto de vida" y el "instinto de muerte" del Universo —parafraseando a Freud.

¿Cuál de las dos tendencias triunfará? y ¿cuándo? Estas dos preguntas generan una inquietud que no puede ser resuelta en este momento por los físicos. ¿Y cómo podrían, si estaríamos tratando con reacciones sólo parcialmente previsibles?

Discusión acerca del enfoque de los procesos de no equilibrio

La Teoría del Big-Bang ha sido enriquecida por las reflexiones cosmológicas de Reeves, recientemente descritas. Prigogine, por otro lado, ha enriquecido las nociones acerca del concepto de entropía, observando que los fenómenos de la naturaleza, al crear entropía, no necesariamente da lugar unilateralmente a un acercamiento a la uniformización ni a la "muerte térmica" del Universo; al contrario, puede generar nuevos órdenes, nuevas organizaciones —y organizaciones cada vez más complejas. Desde el estallido inicial del "puré cósmico primordial", las fuerzas de la Naturaleza han actuado para contribuir a la formación de estructuras cada vez más complejas a partir de partículas elementales.

Por medio de la fuerza nuclear fuerte, y a una cierta temperatura —más baja que en el puré cósmico— mediante una rápida expansión del Universo —es decir, en contextos de desequilibrio—, la unión de *quarks* (recuérdese que son las partículas más elementales descubiertas hasta ahora por los físicos) ha podido formar protones y neutrones (que forman el núcleo del átomo), y mediante la fuerza electromagnética, ambos se han asociado con los electrones para formar átomos. Cada unión ha significado una utilización de energía, que en parte se disipa, precipitando la formación de entropía.

En las primeras páginas de la Tesis ilustramos un ejemplo, proporcionado por Prigogine, acerca de los dos recipientes comunicados por un tubo, en que, a temperatura ambiental, circulan uniformemente moléculas de nitrógeno e hidrógeno.

Cuando se enfría un recipiente y se calienta el otro, ambos gases se separan, conformándose un orden nuevo y *más complejo que el anterior*.

Para calentar uno de los recipientes, se ha gastado energía calórica que en parte se consume en el proceso de combustión (pensemos en la llama de un mechero, donde se utiliza la energía emanada del alcohol de quemar, con el que se empapa una mecha de algodón: parte de la energía extraída se disipa, y como resultado, hay que utilizar un nuevo volumen de alcohol de quemar para volver a prender después el mechero); la producción de entropía se manifiesta justamente en *la disipación* de parte de la energía calórica, que no se podrá volver a utilizar (habría que buscar más alcohol de quemar cuando se gaste). Sin embargo, el resultado no es la homogenización de los gases, sino su separación, un fenómeno improbable en condiciones de equilibrio (de equilibrio térmico, en este caso, cuando la temperatura de los recipientes y de los gases es igual a la temperatura del ambiente). Los gases se separaron *en condiciones de desequilibrio térmico*. Tal separación expresa la *variedad y la diversidad*, y de ahí la complejidad que se obtiene. El estado inicial, de los dos tipos de gases en condiciones de equilibrio térmico, se caracteriza por la *uniformidad molecular*.

De la misma manera, la producción de átomos (por ejemplo) se ha producido en condiciones de desequilibrio, manifestado a través de los procesos de *sobrefusión* (electromagnética, en este particular caso), debido a un rápido descenso de la temperatura cósmica. Dicho de otra manera: la fuerza electromagnética ha actuado para formar uniones entre nucleones (protones y neutrones) y electrones a partir de una cierta temperatura (en descenso), pero en condiciones de desequilibrio.

Recordemos que la sobrefusión es un fenómeno en que las reacciones químicas o físicas tienen lugar en un contexto que no les permite manifestarse ordenadamente. Por ejemplo, el agua pura, si se enfría rápidamente, puede permanecer líquida por debajo del punto de congelación. La solidificación puede ser más acelerada aún agregándole, por ejemplo, sal. Esta mezcla, siendo enfriada rápidamente, se cristalizará, y a la vista de un microscopio, se observarán diversos cristales, todas con seis puntas, pero los cristales son todos de una forma diferente. Esto se debe a que las reacciones no se realizan de manera uniforme, ya que no se les da el suficiente período de tiempo para ello.

Si la reacción es muy lenta, la mezcla se convertiría en un gran bloque de sal, uniforme en su composición. Las reacciones han sido realizadas ordenadamente, en un contexto de equilibrio.

Los procesos de la vida en la Tierra también dependen de condiciones de desequilibrio térmico, a través de la diferencia de temperatura entre la superficie solar y la terrestre. El Sol envía a la Tierra fotones amarillos, que las plantas verdes interceptan y aprovechan para la producción de fotosíntesis, y los que no se consumen son devueltos al espacio en forma de luz infrarroja, con veinte veces más entropía que la luz solar.

Por otro lado, y análogamente, en la cadena alimenticia, los animales herbívoros aprovechan la energía captada por las plantas verdes, pero es menor cantidad de energía utilizada por el herbívoro de la recogida por las plantas. Los carnívoros aprovechan la energía almacenada por los herbívoros; pero recogen menor energía de la que recibieron los herbívoros a partir de las plantas verdes.

De esta manera, en esta cadena de la vida se produce una secuencia formadora de entropía, ya que parte de la energía aprovechada por cada "eslabón" se disipa, contribuyendo al desorden (degradación) energético. Sin embargo, esta condición contribuye a la vez a la constitución de sistemas cada vez más complejos y organizados; un ascenso en la "pirámide de la complejidad".

Por último, bajo condiciones de desequilibrio, los fenómenos naturales sólo son *parcialmente previsible*s. Así ocurre con la mezcla de agua con sal: ¿cómo se podría predecir la forma que tendrá cada cristal resultante? Aquí cobra importancia la noción de que *diversidad y variedad* están estrechamente relacionadas con *la irreversibilidad de los fenómenos naturales*. En condiciones de equilibrio, el producto que se obtiene es un uniforme y *previsible* bloque de sal.

Luego, *el margen de previsibilidad —vale decir, la "capacidad" de predicción— depende de las condiciones en que ocurran los fenómenos naturales*. Esto implica que, epistemológicamente, las Ciencias Naturales se acercan un tanto al dominio de las Ciencias Humanas y Sociales. Las Ciencias Naturales, a partir de la llamada Física de No-Equilibrio o Física No Lineal, se abren a la novedad, a la diversidad, al tiempo y a la historicidad. Las llamadas "condiciones iniciales" ya no podrían conducir a un solo resultado, sino que tienen varios caminos posibles para concretarse: para un problema puede haber varias soluciones. No hay un solo futuro previsible, sino un conjunto de situaciones futuras dentro de un cierto rango. Esto lleva a trabajar activamente con el concepto de *probabilidad*.⁴²

Incluso se discute dentro de qué rango de probabilidades estaba el surgimiento del actual "modelo de Universo" que observamos —un desarrollo cósmico con organizaciones altamente complejas a través de sus quince mil millones de años de expansión y de historia, incluyendo la manifestación de formas de vida *al menos en la Tierra*— Hawking, como veremos más adelante, sugiere que este modelo de Universo está dentro del rango de los *menos probables*. Para que hubiera surgido el tipo de cosmos actual, han sido necesarias las reacciones en contextos de desequilibrio. Es análogo al experimento de los dos recipientes con nitrógeno e hidrógeno: la separación de los gases es *altamente improbable* en condiciones de equilibrio térmico (a temperatura ambiental), pero no así en los de desequilibrio (en ciertas condiciones, por supuesto: por ejemplo, que sólo uno de los recipientes sea calentado, y no los dos, aunque se hubiera producido una diferencia de temperatura entre los gases y el entorno, pero en este caso es *altamente improbable* que los gases se hubieran separado), gastando energía y generando entropía (a partir del consumo de energía calórica).

Reeves admite que la ciencia no haya podido establecer cómo se producen los procesos de sobrefusión de las fuerzas de la Naturaleza en el Universo. Esta situación trae otras múltiples preguntas. Entre los cosmólogos existen discusiones filosóficas acerca de la relación entre el origen del Universo y la existencia del ser humano sobre la Tierra: es el "principio antrópico" (no "entrópico"), que sostiene que cualquier variación o desviación, por pequeña que sea, que se hubiera registrado en las reacciones nucleares y químicas a través de la expansión del Universo (sobre todo en los primeros segundos), no hubiera posibilitado el surgimiento de las condiciones

⁴² Es sabido que la Mecánica Cuántica lleva desde los años veinte trabajando con el concepto de probabilidades, pero la Física de No Equilibrio lo estará utilizando en un campo mucho más abierto y variado de fenómenos naturales. La Física Cuántica aplica la noción de probabilidad en relación con el mundo subatómico, mientras que la nueva física aborda, por ejemplo, el problema de las formas geométricas que podrían conseguir los diversos cristales dentro de una mezcla de agua con sal, enfriado muy rápidamente; o también las formas y/o las direcciones *posibles* (o probables) que adoptaría un determinado huracán o un conjunto de torbellinos. La Física del No Equilibrio se aleja del mundo subatómico para abordar fenómenos altamente *complejos* a nivel macromolecular.

necesarias para la aparición *del ser humano* en la Tierra. Stephen Hawking, autor de su afamado libro "La Historia del Tiempo", es un cosmólogo que se adscribe a esta hipótesis.

Sin embargo, en el contexto de la narración que hemos descrito, tampoco hubiera podido ser posible el surgimiento de *la vida en la Tierra en general*. Es por eso que Reeves prefiere hablar de "pirámide de la complejidad" en vez de "principio antrópico". Y además sostiene que *la historia humana es la historia del Universo*.⁴³

El principio antrópico supone que en el "puré cósmico primordial" se encontraban cuidadosamente y bien calculados los parámetros para que el enfriamiento del cosmos tuviera una rapidez tal que permitiera el surgimiento de organizaciones y de organismos complejos y la aparición de la vida –así como de mentes o cerebros capaces de hacerse la siguiente pregunta: "¿Por qué el Universo es como lo vemos?"

Ante esto, Stephen Hawking replica: "Si hubiese sido diferente, inosotros no estaríamos aquí!" Y también responde: "Vemos el universo en la forma que es porque nosotros existimos", que es lo que él reconoce que es el enunciado más simple que se puede recoger sobre el principio antrópico.⁴⁴ Este razonamiento es tautológico, puesto que se intenta dar la respuesta con la misma pregunta; y además, se enmarca dentro del paradigma científico que todavía enfoca las "condiciones iniciales" de un fenómeno natural como portadoras de un solo camino de solución, de un solo futuro probable. Esto se aleja del paradigma de la Física de No Equilibrio.

Sin embargo, Hawking pone de manifiesto algunas importantes interrogantes sobre el modelo empleado de la nueva física para mostrar (y relatar) la historia del Universo, que quedarían sin contestar, tales como las cuatro siguientes: ¿Por qué el Universo primitivo estaba tan caliente? ¿Por qué el Universo es tan uniforme a gran escala y por qué la radiación fósil tiene una temperatura prácticamente equivalente en todos los rincones del cosmos? ¿Por qué el Universo comenzó con una velocidad de expansión casi igual (muy levemente superior) a la velocidad crítica?⁴⁵ Y ¿cómo se han podido formar irregularidades locales tales como estrellas y galaxias a partir de un puré cósmico primordial homogéneo?

La última pregunta ya estaría resuelta, según las teorías de Prigogine y Reeves en torno a las reacciones que se desarrollan en contextos de desequilibrio. Sin embargo, ¿por qué el Universo se enfrió tan rápido, pudiéndose generar sobrefusiones, que son los fundamentos de las condiciones de desequilibrio?

¿No cabe la posibilidad de que el Universo se hubiera desarrollado de distinta manera? Tal como hay mucha variedad de frutas posibles dentro de una sola semilla, habría habido una gran variedad de "universos" *probables* dentro del puré primordial, la semilla del actual cosmos. Sin embargo, algunos "modelos" de Universo habrían sido *más probables que otros* para que surgieran... y la que actual se observa pertenece al "rango" de los Universos que son *posibles* pero menos *probables*. Así lo manifiesta Hawking:

⁴³ *Op. cit.*, pág. 208.

⁴⁴ HAWKING, Stephen, *Historia del Tiempo. Del Big Bang a los Agujeros Negros*, Cap. 8, Grijalbo S.A., Barcelona, España, 1988, págs. 166 y 167.

⁴⁵ El concepto de la *velocidad crítica* (o velocidad de escape) tiene que ver con la velocidad que debe alcanzar un objeto para verse libre de la atracción gravitatorio de un cuerpo celeste o lumínico. Por ejemplo, un cohete necesita como mínimo alcanzar una velocidad de 11 km por segundo para liberarse de la atracción terrestre; si no la alcanza, se vuelve a precipitar irremediadamente a la superficie de la Tierra. Análogamente, si la velocidad de expansión del Universo hubiera sido *inferior* a la «velocidad crítica», *el cosmos se hubiera contraído*. *El Sentido del Universo...*, *op. cit.*, págs. 149 y 150.

Uno podría sentirse más satisfecho con el principio antrópico, al menos en su versión débil, si se pudiese probar que *un buen número de diferentes configuraciones iniciales del universo habrían evolucionado hasta producir un universo como el que observamos*. Si este fuese el caso, un universo que se desarrollase a partir de algún tipo de condiciones iniciales aleatorias debería contener varias regiones que fuesen suaves y uniformes y que fuesen adecuadas para la evolución de vida inteligente.

Por el contrario, *si el estado inicial del universo tuvo que ser elegido con extremo cuidado para conducir a una situación como la que vemos a nuestro alrededor, sería improbable que el universo contuviese alguna región en la que apareciese la vida.*⁴⁶

Es decir, alguna región predeterminada en el puré cósmico primordial. Continúa Hawking sosteniendo que tampoco hubiera podido una temperatura heterogénea que pudiera generar la heterogeneidad térmica que observamos en el Universo, debido a una uniformidad en las temperatura de la radiación fósil:

En el modelo del big bang caliente descrito anteriormente, no hubo tiempo suficiente para que el calor fluyese de una región a otra en el universo primitivo. *Esto significa que en el estado inicial del universo tendría que haber habido exactamente la misma temperatura en todas partes, para explicar el hecho de que la radiación de fondo de microondas⁴⁷ tenga la misma temperatura en todas las direcciones en que miremos*. La velocidad de expansión inicial también tendría que haber sido elegida con mucha precisión, para que la velocidad de expansión fuese todavía tan próxima a la velocidad crítica necesaria para evitar colapsar de nuevo.⁴⁸

Por lo tanto...

Esto quiere decir que, si el modelo del big bang caliente fuese correcto desde el principio del tiempo, *el estado inicial del universo tendría que haber sido elegido verdaderamente con mucho cuidado*. Sería muy difícil explicar por qué el universo debería haber comenzado justamente de esa manera, *excepto si lo consideramos como el acto de un Dios que pretendiese crear seres como nosotros.*⁴⁹

De las citas anteriores, consideremos que los factores que considera Hawkins para conjeturar acerca del desarrollo único o potencialmente múltiple del Universo, son dos:

1. La isotropía (igual temperatura en el cosmos) de la radiación fósil.
2. Velocidad de expansión inicial del Universo, versus la velocidad crítica (más allá de la cual el cosmos entraría en contracción)

A partir de la argumentación del científico: ¿Ya estaban predeterminadas las condiciones para que surgiera el modelo actual de Universo a partir del puré cósmico? ¿O la alta organización y complejidad de la materia cósmica (incluyendo la viviente) ha venido siendo construida paso por paso, fase por fase, *pero imprevisiblemente*? La ciencia que estudia los fenómenos de no equilibrio, que parte del principio de que la Naturaleza sólo es *parcialmente previsible*, se acerca a la segunda posibilidad de respuesta. Sin embargo, la discusión sigue abierta y ninguna corriente científica tiene la última palabra.

⁴⁶ HAWKING, Stephen, *Historia del Tiempo...*, op. cit., págs. 169 y 170. Los subrayados son nuestros.

⁴⁷ Se refiere a la radiación fósil.

⁴⁸ *Historia del Tiempo...*, op. cit., págs. 169 y 170. Los subrayados son nuestros.

⁴⁹ *Ibid.* Las palabras subrayadas pertenecen al autor (en cursiva en el texto original), mientras que las cursivas son nuestras.

SEGUNDA PARTE

INTRODUCCION: DE LAS CIENCIAS NATURALES A LAS CIENCIAS SOCIALES

Esta segunda parte de la Tesis tiene como objetivo poder aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo del desarrollo de la primera parte, de tal manera de ilustrar el acercamiento que existiría entre el paradigma de las Ciencias Naturales y el de las Ciencias Sociales, en particular la Sociología.

Ya se puede advertir en la primera parte que la Cosmología actual va considerando el Universo como una entidad con historia, donde se darían pasos y etapas evolutivas únicas e irrepetibles. Una clasificación evolutiva que se puede aplicar es el caso de las tres fuerzas de la Naturaleza hubo estados de sobrefusión: la materia nuclear se "hiela" a los 1.000.000.000 (mil millones) de grados (proceso de nucleosíntesis: iniciando la formación de átomos de hidrógeno, en estados de equilibrio; y de helio, en estados de desequilibrio); la de gravedad, a los 3.000 (iniciando la creación de galaxias y estrellas). (Ver págs. 28 y 29 de la Tesis.)

Cuando se pasa de una etapa a otra, no es posible devolverse a su estado anterior. De esta manera, la aparición de la fuerza de gravedad marca una nueva etapa en el desarrollo del Universo, de tal manera que no puede volver a ser como en los tiempos en que solamente existían las fuerzas nuclear y electromagnética. La formación de planetas y estrellas se torna una realidad irreversible.

Luego, las leyes de la física no se aplican en todos los estadios evolutivos de la formación del Universo tal como lo conocemos hoy día. Por ejemplo, la ley de gravedad no podría ser abordada o aplicada antes de aparecer la fuerza que la alude; o por lo menos, no antes de que el cosmos se hubiera enfriado a los 3.000 K (o 3.000°C, las diferencias son mínimas a grandes temperaturas).

La inquietud de Stephen Hawking es que todo cuanto existe en el Universo tendría que haber ocurrido por *necesidad*, no por azar, porque, de lo contrario, nosotros, los seres humanos, no estaríamos aquí preguntándonos acerca del origen del Universo. Es el recientemente mencionado "principio antrópico", según el cual mínimas variaciones que hubiesen ocurrido en las reacciones físico-químicas a partir de la "sopa primordial", habrían imposibilitado el surgimiento del ser humano en la Tierra. Sin embargo, de acuerdo con Reeves, habría que recalcarlo, considera la historia y evolución de los seres humanos como parte de la historia y evolución del cosmos.

Pero, si el Universo ha surgido hasta adquirir las formas actuales, tal como lo conocemos, o tal como lo conocen nuestros científicos, "motivado" por la necesidad de que así ocurriera para que apareciese el ser humano, entonces tendría que haber seguido una especie de guión cinematográfico con un plan establecido desde el principio (desde el estado de "sopa primordial"); y por lo tanto, tendría que abordarse la historia del Universo como una serie de pasos dados en forma determinista y ciento por ciento previsible. Sin embargo, de acuerdo a los planteamientos mostrados a partir de Prigogine y Reeves principalmente, el cosmos habría seguido un desarrollo sólo parcialmente previsible, puesto que es acompañado de la formación de estructuras cada vez más complejas y diversas a medida que transcurriera la "flecha del tiempo" (aunque con un costo de entropía, que podría llevar al Universo hacia la muerte): una complejización que habría sido posible por la combinación de los siguientes factores al mismo tiempo:

- 1) El paulatino descenso de la temperatura cósmica.

2) La sucesión de reacciones físico-químicas de carácter irreversible, en condiciones de desequilibrio.

3) El surgimiento sucesivo de las tres fuerzas de la naturaleza (como consecuencia de 1 y 2).

Además, el principio antrópico contempla que en el Universo, si hubiera habido mínimas variaciones en aquellas reacciones físico-químicas que dieron lugar a su evolución tal como la conocemos, entonces el cosmos podría tener ahora un aspecto totalmente distinto y el ser humano seguramente no hubiera podido surgir sobre la Tierra, ya que no se habrían dado las condiciones para ello.

Considerando que nuestro planeta se encuentra no más que en un "suburbio" de la Vía Láctea, y que no hayamos encontrado señales de vida extraterrestre (excepto, quizás, en Marte... aunque eso todavía no está absolutamente comprobado), tranquilizaría más pensar en un desarrollo determinista y previsible. Pero los pensamientos de Prigogine y Reeves no concuerdan con esta idea. Además, el mismo cosmos estaría en una especie de competencia entre la promoción de la vida y la de la muerte: entre la edificación de la "pirámide de la complejidad" y la formación de entropía, respectivamente. ¿No es la misma lucha que es inherente a todo ser viviente?

No es el caso aquí especular si el Universo entero sería un ser vivo o no. Lo que sí es interesante es apreciar las primeras señales de acercamiento paradigmático a partir de las Ciencias Naturales a las Ciencias Sociales, centrándose en torno al azar, a la imprevisibilidad, a la incertidumbre, a la novedad, a la diversidad, a la contingencia, a lo singular... que son elementos asociados al funcionamiento de las personas y de las sociedades. Es el tema que iremos desarrollando e intentando verificar a lo largo del presente trabajo.

Nosotros no deseamos, sin embargo, detenernos en la aparición de destellos o señales acerca de tal acercamiento. Además de revisar las posturas de las Ciencias Naturales contemporáneas, específicamente de la Cosmología, también se desea realizar una revisión de algunas de las ideas de las Ciencias Sociales contemporáneas, para destacar que las transformaciones de las Ciencias Naturales en torno a sus estrategias de conocimiento pueden ser de interés para las Ciencias Sociales, y en particular para la Sociología, que ha deambulado a través del tiempo entre una postura determinista y "fiscalista" (como el llamado "marxismo vulgar") hacia las más radicalmente idealistas y anticausalistas (como los posmodernistas).

De esta manera, se recurrirá principalmente a las ideas epistemológicas de Edgar Morin para ir ilustrando el acercamiento entre las dos grandes áreas del conocimiento científico, debido a que este autor, como se apreciará en el desarrollo del trabajo, ha realizado una serie de reflexiones epistemológicas que se acercan a la manera como la nueva cosmología aborda los fenómenos naturales. También se ilustrará la posibilidad de que nuevos conceptos comunes a las dos ciencias puedan ser aplicados en una y otra disciplina.

Sin embargo, antes de adentrarnos en los nuevos paradigmas, es conveniente revisar someramente los principales problemas que los dos sectores de la Ciencia, la Sociología sobre todo, han tenido que enfrentar a lo largo de su historia, exceptuando por cierto la Edad Media.

LOS PRINCIPALES PROBLEMAS EPISTEMOLOGICOS DE LAS CIENCIAS

Como hemos referido en la introducción a la Primera Parte de la Tesis, desde la antigua Grecia, pasando por el Renacimiento, y de forma predominante hasta comienzos del siglo XX, las ciencias tanto naturales como sociales, y especialmente disciplinas como filosofía y matemáticas, han sufrido un proceso de separación que las ha orientado a objetos de estudio y a metodologías diferentes de observación y elaboración del conocimiento científico.

Tal separación se puede advertir, por ejemplo, con René Descartes, por el lado de las Ciencias Naturales. En el siglo XVI, Descartes propuso el desarrollo de una ciencia en que el científico adoptara, como observador, una posición no comprometida con los procesos sociales y políticos de su tiempo, como una de las maneras de desligar la noción acerca del involucramiento del investigador en la elaboración del conocimiento científico (a tal posición él lo llamó "moral provisoria"), puesto que el investigador debía estudiar los fenómenos "claros y distintos", que no podríamos atribuir a los fenómenos abordados por las Ciencias Sociales, que trabajan más con la contingencia y los hechos particulares frente a la búsqueda de leyes generales.

En la misma época, por el lado de las Ciencias Sociales, Nicolás Maquiavelo sentó las bases de una ciencia política pragmática, donde el objeto de estudio ("lo político") fuera separado de toda connotación ética, en contraposición a la cosmovisión platónico-aristotélica. Platón concebía la actividad política íntimamente ligada a la búsqueda del Bien, de la justicia y de la verdad, que son valores subjetivos, provenientes de la mente humana y no de la realidad externa, objetiva. En la antigua Grecia, sin embargo, la verdad estaba asociada al conocimiento, al igual que el conocimiento al Bien y la justicia: el Bien era una cualidad que se podía enseñar y educar mediante un proceso de socialización formal, tal como lo dejara claro en "La República".

A partir de entonces, la Ciencia asume la actitud de buscar leyes de la naturaleza, generales y ahistóricas, que pudieran "explicar" todas las clases de fenómenos humanos y físicos, independientes de las valoraciones impregnadas por el observador: se trataría de una relación "sujeto a objeto". Al mismo tiempo que el científico trataría de abordar el conocimiento, se intentaría también encontrar también *certeza*: un conocimiento que estableciera una verdad establecida como permanente acerca de los fenómenos estudiados; o, en términos filosóficos, se privilegiaría el *ser* —la esencia, lo imperecedero, las propiedades o cualidades no cambiantes del objeto, lo estático— sobre el *devenir* —lo evolutivo, el cambio, la transformación, el movimiento.

La separación entre Ciencias Naturales y Ciencias Sociales tendría que ver también con la preferencia en el ser antes que en el devenir, puesto que las últimas son asociadas con el estudio del comportamiento social e individual, vale decir, del de un conjunto de seres humanos cuya mente sería cambiante y por tanto no posible de abordar científicamente. Y esto nos lleva a uno de los clásicos criterios de demarcación entre ambos sectores de la Ciencia: mientras que las primeras van en busca de leyes generales, los segundos se preocupan más por lo contingente y lo singular, que es asociado con el sujeto y con las sociedades. Estas recurren a sujetos que realizan *valoraciones* acerca de lo que viven, estudian o conocen, mientras que los fenómenos naturales son incapaces de realizar valoraciones, aunque hasta el Renacimiento se le atribuyeran al Universo fines, propósitos e intencionalidades de carácter divino.

A pesar de que los cambios sociales del Renacimiento se asociarían con la facilitación de la movilización social y la instauración de un sistema económico que necesitaría crecer y transformarse continuamente, en el terreno científico triunfaría el *ser* sobre el *devenir*. Se pondría énfasis en lo estático más que en la novedad y el cambio en los fenómenos naturales.

La búsqueda de leyes generales, ahistóricas y atemporales (a partir de fenómenos de carácter reversible) como medio de alcanzar el conocimiento, estaría relacionada, en el ámbito psicosocial, con la pérdida de seguridad y de orientación que hubo alcanzado el habitante de la Europa medieval, cuando los puestos para la producción económica, política y social eran fijos. Es lo que hemos señalado en la primera parte de la Tesis. En tal período histórico, Descartes llegó a la conclusión de que por lo menos uno puede tener la certeza de que el ser humano *piensa*, pero que no necesariamente el producto del pensar lleve a la verdad. Mientras tanto, las relaciones sociales e instituciones comenzaron a ser relativizadas, la ciencia se inició en la búsqueda de "leyes de la naturaleza", que buscarían la "re-absolutización" de lo relativizado en la Europa del Renacimiento.

En el siglo veinte, como hemos señalado, han sido los científicos más avanzados de las Ciencias Naturales quienes han planteado la necesidad de cambiar de orientación para abordar los fenómenos que estudian. El físico contemporáneo David Bohm ha propuesto una visión centrada en la *totalidad* frente a *fragmentación* para *comprender* la realidad en la cual estamos inmersos, frente al paradigma científico que tiende a una construcción de un conocimiento parcelado artificialmente. Pero... ¿qué es un conocimiento fragmentado y qué es la totalidad?

Bohm aborda el problema que han debido enfrentar las Ciencias Naturales (y, por extensión, la persona común y corriente en la cultura occidental) a raíz de la adopción de la relación sujeto-objeto. Sostiene que lo más serio de un proceso de conocimiento basado en tal relación, es que hemos llegado a creer que la realidad estaría efectivamente parcelada cuando en verdad la hemos concebido y elaborado previamente de esa manera. Este conocimiento, afirma él, es "fragmentado". La creencia de que la realidad es de por sí fragmentada, estaría fundada en el proceso de conocimiento que efectuamos, y que estaría en la base del conocimiento científico tradicional, proveniente del Renacimiento:

La tendencia predominante de la ciencia, la de pensar y percibir según una propia idea fragmentaria del mundo, forma parte de un movimiento más amplio que se ha ido desarrollando a lo largo de las épocas y que hoy abarca casi toda nuestra sociedad, pero, a su vez, esta manera de pensar y de observar en la investigación científica tiende a reforzar el concepto fragmentario en general, porque ofrece al hombre una representación del mundo entero no constituido por nada más que por un conjunto de "ladrillos atómicos" existentes por separado, y *le proporciona la evidencia experimental que le lleva a concluir que esta idea del mundo es necesaria e inevitable. Así, la gente llega a sentir que esta fragmentación no es más que una expresión del "modo en que es realmente todo", y que cualquier otra cosa es imposible.*⁵⁰ (Las cursivas son nuestras.)

Hubert Reeves es un científico natural que también desmentiría la representación del mundo por "ladrillos atómicos existentes por separado", puesto que, según su "Pirámide de la Complejidad", cada organización del peldaño superior estaría conformada por los elementos del inferior, pero, sin embargo, la organización creada en el superior tendría propiedades que no tendría sus componentes provenientes del peldaño más abajo. Por ejemplo, un organismo (por ejemplo, el humano), está

⁵⁰ BOHM, David, *La Totalidad y el Orden Implicado*, Ed. Kairos, Barcelona, España, s/f., pág. 38.

constituido por un conjunto de órganos que se integran y colaboran entre sí, pero los órganos por sí solos no son capaces de ejecutar una acción tal como correr, ni menos elaborar una orden mental de manera que el cuerpo haga tal actividad. Por lo tanto, los "ladrillos", o componentes de las estructuras conformadas en los "pedaños superiores", no podrían existir por sí solos para constituir una organización que tuviera una propiedad añadida o novedosa.

Con respecto a nuestra generalizada tendencia a pensar la realidad como una entidad conformada por "ladrillos atómicos", añade Bohm:

La fragmentación produce continuamente la costumbre casi universal de pensar que el contenido de nuestro pensamiento es "una descripción del mundo tal como es". (...) Consideramos nuestro pensamiento en correspondencia con la realidad objetiva. Como nuestro pensamiento está permeado de diferencias y distinciones, esta costumbre nos lleva a considerar estas divisiones como reales, y vemos y experimentamos el mundo como realmente dividido en fragmentos.⁵¹

Pero, tomando las ideas de Reeves, el mundo fragmentado no sería "una descripción tal como es" del mismo, puesto que su "Pirámide de la Complejidad" no la concibe así, sino más bien un proceso de síntesis de "ladrillos atómicos" que, *integrados, no existiendo por sí solos*, dan lugar a una propiedad nueva (y a un salto evolutivo en el cosmos).

De esta manera, el "pensamiento fragmentado" estaría asociado a un proceso de conocimiento basado en una concepción *estática* de la realidad. El pensamiento no fragmentado, más bien al devenir: la transformación y la aparición de lo novedoso en el Universo.

El sociólogo y epistemólogo francés Edgar Morin sostiene, por su parte, que el enfoque "fragmentador" ha llevado a los científicos a parcelar incluso las propias disciplinas: por ejemplo, la Sociología se divide en Sociología de la Educación, Sociología del Trabajo, Sociología del Ocio, Sociología de la Salud, etcétera. Esto equivale a fragmentar el propio objeto de estudio, ya parcelado desde antes, del que se encarga una disciplina científica particular. Se cae en el temor de Ortega y Gasset acerca del "bárbaro ilustrado": que la especialización se ha multiplicado de manera tan exagerada, que hemos llegado a saber "nada de todo" y a saber "todo de nada". Según este filósofo, el avance de la tecnología ha promovido la parcialización del conocimiento y la especialización, que siempre va en constante aumento a pesar de los intentos por detenerla, ya que produce conocimientos cada vez de dominio más específico y "técnico". Pero la fragmentación que produce la especialización, lleva a una incomunicación cada vez más marcada entre las subespecialidades formadas. En oposición a esto, Morin postula la "transdisciplinariedad", vale decir, un enfoque que abarque los conocimientos construidos en varias subdisciplinas en forma integrada.⁵²

Si consideramos la idea de Reeves de que nuestra propia historia humana forma parte de la evolución del Universo, entonces podríamos afirmar que la realidad política incide en la realidad económica, la realidad económica en la realidad social, en la realidad individual, psicológica, ecológica, moral, etc. Pero el hecho de dividir la "realidad" en tales dimensiones también provendría de una clasificación analítica basada en un pensamiento fragmentario que habríamos arrastrado desde periodos históricos anteriores (Grecia y el Renacimiento). Si bien fue Descartes quien propuso abordar los fenómenos de forma "*clara y distinta*", su abuso conllevaría una

⁵¹ *Op. cit.*, pág. 22.

⁵² MORIN, Edgar, *Ciencia con Consciencia*, Ed. Anthropos, España, 1984, págs. 311-317.

elaboración fragmentaria del conocimiento científico. Como constata Bohm, "el orden cartesiano es el adecuado para analizar el mundo en partes que existen separadamente", ⁵³ que es el enfoque basado en la creencia de que los "ladrillos atómicos" separados entre sí son los que conforman nuestra realidad y el Universo entero.

Bohm es un físico contemporáneo cuya reflexión epistemológica ya nos va acercando al ideal actual de las Ciencias Sociales en cuanto a sus estrategias de conocimiento. Pero él reflexiona, no a partir de las Ciencias Sociales, sino de las propias Ciencias Naturales, tradicionalmente asociadas al conocimiento de fenómenos estáticos y "exactos": "Tanto en la (teoría de la) relatividad como en la teoría cuántica, el orden cartesiano plantea serias contradicciones y confusión. Esto es así porque ambas teorías implican una visión de totalidad no fragmentada del universo más que su análisis en partes independientes." ⁵⁴ Pero, mientras que en la teoría de la relatividad "el movimiento es continuo, causalmente determinado y bien definido", en la mecánica cuántica, que surgió un poco después de la de la Relatividad, "es discontinuo, con causa no determinada y mal definida". ⁵⁵ Es así como, al nacer el siglo XX, se ha podido advertir las primeras señales de que las Ciencias Naturales van abriéndose hacia los fenómenos imprevisibles o parcialmente previsibles; en suma, hacia la novedad y el azar.

El físico llega más allá cuando afirma que una teoría es, "en primer lugar, una manera de *formarse una idea*, es decir, una manera de mirar el mundo, y no una forma de *conocimiento* de lo que es el mundo" ⁵⁶ y que "no debemos identificar teorías con hipótesis", ⁵⁷ puesto que "todas las teorías son modos de observar que no son verdaderos ni falsos, sino más bien *claros en ciertos campos y nada claros cuando se extienden más allá de estos campos*". ⁵⁸ (Las cursivas son nuestras.)

Esta idea no sería antojadiza, puesto que los científicos naturales asumen con bastante claridad que la teoría de Newton había parecido un conjunto de leyes generales que se aplicaban a todo tiempo y lugar, hasta que cayó en contradicciones en campos de la física a los que accedió después la Teoría de la Relatividad. Por lo tanto, las teorías no darían cuenta de la "realidad tal cual es".

O, como dice Morin: "Nuestras ideas no son reflejos de lo real, sino traducciones de lo real." ⁵⁹ Y la teoría de Newton no se asume como totalmente falsa, puesto que para el lanzamiento de un cohete espacial se sigue aplicando más que nada Newton. En suma: este paradigma continuó asumiéndose como válida, pero sólo dentro de un campo más limitado.

Y atendiendo a las ideas de Reeves y Prigogine, la teoría de Newton no hubiera podido aplicarse debido a la misma evolución del Universo, ya que dicha teoría se centra en torno a la fuerza de gravedad, que fue la última que surgió (al aparecer las condiciones que le permitieran abandonar su estado inhibido), al bajar la temperatura cósmica a los 3.000°C; de tal manera que el radio de acción del paradigma newtoniano no podría aplicarse a etapas anteriores del desarrollo del cosmos. ⁶⁰ No pueden abordarse con Newton los fenómenos asociados a la acción de la fuerza

⁵³ BOHM, David, *op. cit.*, pág. 16.

⁵⁴ *Op. cit.*, pág. 17.

⁵⁵ *Ibid.*

⁵⁶ *Op. cit.*, pág. 22.

⁵⁷ *Op. cit.*, pág. 25.

⁵⁸ *Op. cit.*, pág. 24.

⁵⁹ MORIN, Edgar, *op. cit.*, pág. 277.

⁶⁰ BOHM, David, *op. cit.*, págs. 23-24.

electromagnética ni la nuclear. Efectivamente, la gravedad no explicaría la unión de los protones y electrones, una obra debida a la fuerza electromagnética (cuyo surgimiento marca un segundo estadio de la evolución del Universo). Por lo tanto, la idea de la posibilidad de encontrar leyes atemporales y ahistóricas, asociadas a fenómenos reversibles, en realidad se localizarían en campos más reducidos de acción.

Pero la noción de orden, según la ciencia clásica, se asociaba con una organización determinista y no cambiante. La cosmología renacentista abordaba el Universo como un ente altamente organizado con un orden fijo, en que los cuerpos celestes y las estrellas describirían ciertos movimientos y experimentarían ciertas reacciones físico-químicas siempre de la misma manera y sin abandonar jamás sus posiciones, dentro de un cosmos que no se expandía ni se contraía. Las reacciones que ocurrieran serían reversibles y las leyes establecidas, atemporales y aespaciales. Por lo tanto, sería un cosmos determinista. Es el orden asociado al determinismo: a la unidad temporal y espacial de los fenómenos naturales. Cualquier acontecimiento que alterara este orden, como por ejemplo, un meteorito estrellándose contra la Tierra, o la desviación de la rotación terrestre, o el cambio climático (que, en todo caso, ya es una realidad), rompería con la noción "unitaria" del cosmos. Pero aquí estaríamos suponiendo que el Universo no evoluciona, no cambia y sus reacciones siempre son previsibles.

Entonces, ¿qué ocurriría con esta noción *determinista* de orden en la concepción del Universo de Prigogine y Reeves? ¿Habría que suponer que, a lo largo del desarrollo del cosmos no ha habido rupturas, accidentes u otras contingencias que fueran de carácter azaroso y lo orientaran hacia nuevas etapas o eras de su evolución? Si fuera cierto lo que afirma Hawking, que el Universo debió haberse desarrollado tal como lo contemplamos actualmente y de ninguna otra manera (para que apareciera el ser humano), entonces podríamos abordarlo a partir de una noción "unitaria" y determinista, y por tanto, dentro de la noción clásica de orden. Pero Prigogine y Reeves sugieren la posibilidad contraria a la de Hawking. Luego, a partir de los dos primeros científicos, ¿habría que concluir que el Universo está marcado por el azar y el desorden?

Orden, desorden, azar, determinación... Estos son conceptos que, como veremos en el desarrollo del presente trabajo, al ser discutidos pueden traer importantes consecuencias de carácter epistemológico (es decir, la manera cómo abordar los fenómenos naturales y sociales), tanto para las Ciencias Naturales como para las Ciencias Sociales. El análisis se centrará en las reflexiones epistemológicas del sociólogo y epistemólogo francés Edgar Morin.

ORDEN Y DESORDEN, AZAR Y DETERMINACION

Comienza Morin advirtiendo que una reacción corriente de los individuos en la vida diaria al contemplar las estrellas en el firmamento, es percibir las como un conjunto de ellas distribuidas al azar; en un segundo momento, se las contempla en cambio como "un orden cósmico imperturbable: cada noche (...) el mismo cielo estrellado, cada estrella en su lugar, cada planeta realizando su ciclo impecable."⁶¹ Y en un tercer y último momento, se aprecia un Universo en expansión, en dispersión, con explosiones estelares, nacimiento y muerte de estrellas, en fin: el desorden. Pero se trataría de un desorden dentro de un orden, ya que se llevaría a cabo bajo una organización, asociada al segundo momento de ver las estrellas (como un conjunto ordenado donde

⁶¹ MORIN, Edgar, *op. cit.*, pág. 97.

cada elemento cumpliría con una función específica). Esta visión concordaría justamente con la de la ciencia cosmológica actual, puesto que la mayor parte de la comunidad científica concibe el universo como una entidad *cambiante pero estructurada*, a través de la *flecha del tiempo*.

Cuando pensamos en el proceder de las Ciencias Naturales y Exactas con los ojos del siglo diecinueve, tendemos a asociar automáticamente los conceptos de *orden* y *determinismo*. Efectivamente, aquella cosmología había concebido un universo sumamente organizado, estructurado y *en orden*, pero gobernado por leyes aplicables en todo tiempo y lugar. Estas tres propiedades implican que el universo *solamente puede estar gobernado por un solo tipo de orden*.

Hoy en día, en cambio, los físicos teóricos conciben distintos modelos de universo y se preguntan si acaso de la "sopa primordial" no habría habido varios, quizás infinitos, universos *posibles*, es decir, universos potenciales. De esta manera, "orden" y "determinismo" no serían necesariamente sinónimos; más bien podemos afirmar que la existencia de determinismo implica la existencia de orden, pero la existencia de orden no implica la de leyes generales, deterministas y asociadas a reacciones de carácter reversible. Es decir:

DETERMINISMO	=====→	ORDEN
ORDEN	=====/ =====→	DETERMINISMO

Entonces, de acuerdo con Morin:

- 1) habría distintos tipos de orden;
- 2) el orden no estaría asociado necesariamente a leyes deterministas y atemporales: sería un orden de carácter singular, particular;
- 3) el orden sólo podría existir si hay entidades, cuerpos, en interacción para hacer surgir propiedades novedosas (como la "Pirámide de la Complejidad" de Reeves), lo cual invoca el concepto de organización;
- 4) los tres puntos anteriores darían como resultado una noción de orden *compleja y relativizada*, por lo cual la idea enriquecida de orden requeriría su interacción con la de desorden.

Esta reflexión nos devuelve al dilema de Diderot y Reeves, acerca del concepto de organización a partir del problema de la basura y las hormigas. ¿Sería la basura una organización? Para el primero, el concepto de organización sería una ilusión, puesto que dependería del punto de vista del observador. En cambio, para el último, si bien el concepto se vuelve relativizable, la decisión acerca del carácter de la basura, si asociarla con el orden o el desorden, estaría *determinada* por el concepto de entropía. Para los humanos, que hemos amontonada la basura, relacionaríamos ésta con el desorden, puesto que hemos extraído toda la "utilizabilidad" o la "información" disponible para nosotros (recordemos las formas de definir la entropía, ilustradas en las páginas 10 a 14 de la Tesis: como energía utilizable, como información y como probabilidades); en cambio, las hormigas podrían seguirle añadiendo información y utilizabilidad. Concibiéndola como un lugar de refugio, le añaden información; concibiéndola como fuente de alimento, encuentran utilizabilidad aún disponible.

Debemos hacer notar que usamos la palabra "determinada". La asociación de la basura con el orden o el desorden, dijimos, estaría *determinada* por la entropía. Por lo

tanto, la determinación puede quedar asociada con el desorden, y no solamente con el orden.

Pero, además, recordemos que en la primera presentación del dilema de Diderot, afirmamos que la entropía también sería un concepto relativizable. En las páginas 17 y 18 de la Tesis, habíamos llegado a la siguiente interrogante:

El concepto de entropía puede ser aplicado de manera *relativizada*. ¿Entropía con respecto a cual observador? Esto lleva a otra pregunta inquietante: ¿Puede ser abordada la entropía sin la participación del observador en el fenómeno que estudie?

La entropía es un concepto asociado a la idea de desorden: en el mundo de los fenómenos naturales, con cada formación de un nuevo orden, se paga un costo de carácter irreversible, que es la entropía.

Por lo tanto, si el orden y el desorden son conceptos relativizables, se cumplirían las cuatro propiedades que mencionara Morin: si el orden es relativo, entonces sería singular, no sujeta necesariamente a leyes generales y con elementos en interacción. Para las hormigas, un basural es un orden singular, particular, puesto que para los humanos representa el desorden. Y ello depende de la entropía asociada a cada observador.

El desorden se encuentra en todos los rincones del universo: en la energía, en el origen accidental del universo, en el núcleo de las estrellas... el desorden sería, entonces, inseparable de la evolución del universo. Por lo tanto, podemos afirmar que el desorden contribuiría a la formación de un *nuevo orden* a través de la creación de estructuras y elementos en interacción, conjunto de las cuales constituye una organización.

Semánticamente hablando, orden y desorden serían antónimos, conceptos que se oponen entre sí, pero uno no excluiría al otro, sino que interactuarían entre sí. Uno y otro se necesitarían para existir y para contribuir al desarrollo y la existencia del cosmos.

Estas reformulaciones acerca de los conceptos de orden, desorden, azar y determinación, nos llevan a una consecuencia muy importante de carácter epistemológico:

Cuando un fenómeno le parece aleatorio al observador (al "observador-conceptuador", en palabras de Morin, puesto que el investigador elabora un proceso de conocimiento formando conceptos a partir de la observación que realiza), éste no podría establecer objetivamente si la incertidumbre que dicho fenómeno le aporta procede de:

- 1) la insuficiencia de los recursos o del "espíritu humano" para encontrar el orden oculto tras el aparente desorden, [Q](#)
- 2) del carácter objetivo de la realidad misma. ¿El azar es un desorden objetivo o el fruto de nuestra ignorancia?

Eliminado: ó

Estas preguntas nos llevan por lo menos a una certidumbre paradójica: el azar comporta incertidumbre acerca de su propia naturaleza; es decir, *el azar comporta*

incertidumbre acerca de la naturaleza de su propia incertidumbre. ¿Hay manera de contestar esta pregunta en forma establecida de una vez por todas y para siempre?

Pues, al parecer, no. De esta manera, la idea de azar y las interrogantes acerca de su propia naturaleza invitan al investigador a integrarse en el proceso de conocimiento de los fenómenos de la naturaleza y en el de adquisición de su visión del mundo, puesto que "el azar introduce la relación del observador con la realidad".⁶² Esta idea contradice la de la relación entre sujeto y objeto, puesto que aquí el objeto, un fenómeno que conlleva o contiene "azar" o "determinación", dependería del observador para ser establecido como tal. Así, el observador-conceptuador tendría que integrarse al proceso de conocimiento adquiriendo *consciencia* (término muy usado por Morin) de que se convierte él mismo en un instrumento de medición y conceptualización. En otras palabras: debe entrar a "negociar" con el fenómeno estudiado, a dialogar con él, en un proceso de toma y daca en la mejor medida posible, asumiendo también que estaría empezando a hacer un trabajo con la incertidumbre, por lo cual la búsqueda de certezas ya no sería el objetivo de la ciencia, tal como lo concibiera Newton, ni, por tanto, la búsqueda de certidumbre, sino que debe negociar con la incertidumbre: "El fin del conocimiento no es descubrir el secreto del mundo, o la ecuación clave, sino dialogar con el mundo."⁶³

Además, si la idea de desorden proviene del concepto enriquecido de orden, entonces, orden y desorden exigirían la interacción entre observador y observado. Como afirma Morin: "Uno y otro piden a la ciencia que sea menos simplificante y menos metafísica, pues el determinismo era un postulado metafísico, una afirmación trascendente sobre la realidad del mundo."⁶⁴ El antiguo determinismo invocaba un solo tipo de orden en el universo, es decir, un modelo único de estructuración del cosmos. Para un orden cósmico único se podían establecer leyes generales, válidas en todo tiempo y lugar; y un orden cósmico único excluye necesariamente el desorden, ya que éste perturba el orden, transformando las estructuras que lo constituyen. Desorden, pues, implica la idea de cambio, de transformación. La palabra "transformación" significa etimológicamente "más allá de la forma"; en este caso, más allá de la forma existente en un momento dado.

Por lo tanto, no podríamos concebir un universo (o un fenómeno cualquiera), de acuerdo a Morin, con presencia de mero orden o de mero desorden. Un universo de mero orden no contemplaría el cambio, la innovación, el devenir, la creación; uno de mero desorden no llegaría a constituir organización, al no poderse conservar organizaciones nuevas. El primero sería incapaz de evolucionar, y el último, incapaz siquiera de nacer.

Pero entonces, ¿por qué se instituyó por dos largos siglos el dogma del mundo determinista, fuente de mero orden? A partir del siglo XVII, las ideas de indeterminación, contingencia, evolución, fueron desplazadas hacia el mundo del sujeto, del "espíritu humano", y por tanto, hacia la política, los estudios de la sociedad, la filosofía y el arte, todas ramas de las llamadas Ciencias Sociales y Humanas... y entonces se produjo la escisión entre naturaleza/materia y espíritu, cuerpo y mente, física y metafísica: Ciencias Sociales y Ciencias Naturales. También hicimos al principio una referencia al desligamiento de la moral y de las valoraciones que realiza el observador que estudio un fenómeno humano y social: son entidades más identificadas

⁶² *Op. cit.*, pág. 104.

⁶³ *Op. cit.*, pág. 109.

⁶⁴ *Op. cit.*, págs. 104-105.

con el "devenir" que con el "ser". *Tal desglose se realizó para excluir el desorden y el azar del estudio de los fenómenos naturales*, concluye Morin.⁶⁵

Morin, ante este hecho, considera que "un mundo absolutamente determinista y un mundo absolutamente aleatorio excluyen totalmente, uno y otro, al espíritu humano que los observa, y al que sin duda hay que intentar colocar en alguna parte". Y: "Orden y desorden, solos, aislados, son metafísicos, mientras que juntos son físicos", aunque haya "una contradicción lógica en la asociación de orden y desorden, pero es menos absurda que la pobre visión de un universo que no fuera sino orden o que sólo estuviera abandonado al dios *azar*".⁶⁶

Por lo tanto, las Ciencias Naturales debieran trabajar con una interacción o diálogo entre ambas entidades, pero considerando que "el orden es relativo y relacional y que el desorden es incierto", y que uno y otro son contenidos en cualquier fenómeno de la naturaleza como dos caras de una misma moneda: por ejemplo, una explosión estelar obedece a un fenómeno físico-químico (orden), pero al mismo tiempo constituye un accidente, un hecho contingente (azar). Y de ahí concluye Morin que "*el orden es tan misterioso como el desorden*".

De tales ideas Morin declara que "el campo real del conocimiento no es el objeto puro sino el objeto visto, percibido y coproducido por nosotros (...) No es el mundo, sino la comunidad nosotros-mundo, porque nuestro mundo forma parte de nuestra visión del mundo, la cual forma parte de nuestro mundo".⁶⁷ En otras palabras: el observador no puede eliminar del "mundo real" el desorden ni a sí mismo.

Por último, en el ámbito específicamente del comportamiento social, Morin llama a romper con la "mitología del orden" en la sociedad, entendida "reaccionariamente" como conservación forzada de un orden social, o "revolucionariamente" como la búsqueda utópica de una sociedad pura y transparente, sin conflicto ni desorden.⁶⁸

ACCIDENTES, CONTINGENCIA, SINGULARIDAD: LA NOCION DE EVENTO

¿Qué es el evento, y qué importancia tendría tanto para las Ciencias Naturales como para las Ciencias Sociales?

El evento es un hecho singular y contingente, que escaparía al concepto de ley en la naturaleza, puesto que se trataría de algo imprevisto, aunque sería muy importante porque contribuiría a la evolución de las estructuras y organizaciones existentes en el cosmos. El evento perturba el estado de funcionamiento que hasta ese momento habría sido constante, repetitivo, inamovible y determinista; es decir, irrumpe el orden y lo altera, imponiéndole otra lógica de funcionamiento.

Si entendemos el orden como ausencia de perturbaciones que desequilibren o alteren profundamente la naturaleza de su sistema de funcionamiento, el evento viene a formar parte de la idea de desorden; el des-orden se contraponen al orden, pero no en una relación antagónica, en que, en un conflicto entre dos fuerzas, una se imponga sobre la otra; por ejemplo, el desorden no altera el orden en el sentido de que su historia posterior esté marcada solamente por el desorden, lo cual, en tal caso, vendría

⁶⁵ *Op. cit.*, pág. 105.

⁶⁶ *Op. cit.*, pág. 106.

⁶⁷ *Op. cit.*, pág. 108.

⁶⁸ *Op. cit.*, pág. 110.

a ser sinónimo de caos. Más bien, puede ser visto como que orden y desorden son dos fuerzas que actúan por oposición pero en forma conjugada y en cooperación mutua, ya que el desorden crea *otro orden* dentro de una misma estructura u organización, colaborando con su evolución, dándole impulso a su desarrollo en sentido histórico.

A pequeña escala, el ejemplo de Prigogine nos muestra que la perturbación del sistema sometido al experimento, causada por la acción de la entropía mediante una fuerza externa (el calor ejercido sobre unos de los recipientes; ver págs. 19 y 20 de la Tesis) conduce a una nueva conformación luego de producirse un cambio de estado caracterizado por fenómenos temporalmente en "desorden", tales como cada molécula de los gases moviéndose de un lado a otro imprevisiblemente (solamente prevenimos su estado final), sólo limitados por las paredes del sistema cerrado (el recipiente). La aplicación de la fuente externa estaría asociada con el evento, lo que contribuyó a que dentro del sistema se generara un nuevo orden.

En el ámbito cosmológico, los estados de sobrefusión, a partir del descenso de la temperatura del Universo, pueden ser considerados como eventos, puesto que ellos fueron los que hicieron posible el funcionamiento de las fuerzas de la naturaleza: la nuclear, electromagnética y gravitacional. Recordemos que cada estado de sobrefusión se asocia a reacciones en condiciones de desequilibrio físico-químico, que no son previsible científicamente en un ciento por ciento, ya que son fenómenos muy particulares y raros en la naturaleza. Recordemos también el ejemplo del bloque de sal: éste sería el resultado de reacciones físico-químicas en condiciones de equilibrio; mientras que las seis puntas encontradas en las figuras dentro de los copos de nieve, a condiciones de desequilibrio, puesto que la reacción de fusión entre las nubes y el suelo es muy rápida.

De esta manera, las condiciones de desequilibrio no solamente son sólo parcialmente previsible, sino que el resultado de las reacciones dadas allí son imprevisibles, como la forma que tendrían las figuritas en los copos de nieve. Son reacciones que se abren a la novedad y a la diversidad (ninguna figura en los copos es exactamente igual a otra). El evento, pues, generaría novedad y diversidad.

La mutación genética es un buen ejemplo de evento también. Una mutación puede ser calificada como un evento, ya que se considera imprevisible y fuera de las leyes de las Ciencias Naturales; pertenece a lo inesperado, no a lo sistemático. También se considera, ya no sólo como producto de un acto de desorden, sino también como un "error genético" o, simplemente, como un error.

Pues bien, ante esto Morin sostiene que "es un error subestimar el error" en el ámbito científico y también en nuestra manera de abordar los fenómenos naturales y sociales, puesto que podemos estar calificando como "error" un evento que puede contribuir a la evolución de las especies, y por lo tanto, al aumento de la diversidad y la individualidad de cada una de ellas.

Pero la noción de evento se enriquece más al colocarla en un marco sistémico de referencia; es decir, ubicando el evento en un sistema. Esto será importante para poder ubicar, a su vez, al paradigma cosmológico actual dentro de las ideas de Morin.

EVENTO Y SISTEMA

Contextualizándolo en un sistema, podremos apreciar mejor el diálogo que se puede establecer entre orden y determinación, azar y desorden.

Morin comienza problematizando acerca de dos tipos de metafísicas disputándose el paradigma central de las ciencias: la "metafísica del determinismo", que buscaría negar concebir la vida como un accidente cósmico, y por lo tanto se ocupen del orden clásico determinista, y la "metafísica del azar", que la concibe como un accidente absurdo donde las reglas y las leyes existirían sólo como producto del uso del intelecto y no formarían parte de la "realidad en sí" (o "mundo fenoménico", como refiere Morin).⁶⁹

A partir de tal dicotomía, el autor identifica dos polos dentro de la noción de evento: respectivamente, un primer polo, asociado a la "flecha del tiempo", todo lo que tiene nacimiento y fin; y uno segundo, asociado a lo improbable, singular, accidental.

Un evento tendría los siguientes elementos de referencia:

1.- El tiempo (primer polo): En el mundo fenoménico, el evento lo es en relación a la "flecha del tiempo" y cobra un sentido amplio. Pero si se toma el mundo fenoménico en su relativa estabilidad y perdurabilidad, es el evento lo que aparece y desaparece en el seno de aquella estabilidad.

2.- La desviación a la norma (segundo polo): Se refiere a que el evento se definiría en relación a una norma, que sería la anormalidad: lo excepcional, accidental, desviante, dentro de un mundo fenoménico definido por la relativa estabilidad y permanencia.

3.- En relación a los objetos o sistemas a los que afecta: En un sentido amplio, el evento sería toda modificación que afectara a un sistema dado. En un sentido estrecho, sería el efecto de la perturbación que generara: perjuicio y destrucción o atracción y simbiosis.

De esta manera, constata Morin que el evento se manifiesta de modo "multifactorizado, multirrelacionado", dotado de una tasa de imprevisibilidad más o menos grande y "según esta tasa, estar dotado de una fuerza de choque mayor o menor, de "evenencialidad".⁷⁰

Aplicando sus ideas a los sistemas auto-organizadores (los sistemas "bióticos"—vivos— y "metabióticos"—cerebro humano, sistemas sociales humanos; y, por qué no, el Universo entero, que contiene varios sistemas auto-organizadores en su interior), Morin señala que el evento adquiere las siguientes características en cuanto a su proceso.

Una primera característica es que los eventos son los momentos de paso de un estado a otro del sistema. El ejemplo más radical sería el nacimiento y la muerte, "eventos traumáticos de toda experiencia singular, son aquí los eventos-elementos de base del sistema biosocial".⁷¹

⁶⁹ *Op. cit.*, págs. 165-166.

⁷⁰ *Op. cit.*, pág. 170.

⁷¹ *Op. cit.*, págs. 170-171.

Una segunda característica es que cumple con el "doble principio de la relación ecosistémica":

- 1) al carácter aleatorio del ecosistema (entorno en que sobreviven los seres vivos) tiende a responder el sistema con su propio determinismo (mediante homeostasis y equifinalidad);
- 2) al carácter determinista del ecosistema tiende a responder el sistema de manera aleatoria.

El primer polo se refiere a lo que el sistema hace al evento, y en el caso extremo de aquello lo anula; y el segundo, a que lo que el evento hace al sistema, y en el caso extremo, lo destruye.

Entre los dos casos extremos o límites, reinaría la dialéctica de la evolución (que tomaría un camino parcialmente previsible) y la posibilidad de desarrollo (después de pasar el sistema a un nuevo período de relativa estabilidad). En el caso del desarrollo ontogenético de un individuo humano (es decir, su desarrollo a partir del ADN de una célula inicial), el programa genético inscrito en el ADN genera una serie de eventos cíclicos que serían, por tanto, elementos producidos por el sistema: es el "evento programado" (instintos); mientras que, simétricamente, existen eventos provenientes del ecosistema que permiten que el sistema se oriente a un estadio nuevo de su desarrollo ontogenético, es decir, que pase a una nueva etapa mediante la estimulación exterior (ej.: aprender a hablar, el complejo de Edipo), y las consecuencias pueden ser progresivas o regresivas (de ahí su carácter aleatorio): se trata del "evento efectuator".⁷²

La evolución cósmica puede ser asociada al evento en el mismo sentido. De acuerdo al "doble principio de la relación ecosistémica", el Universo se opone a la máxima estabilización molecular y térmica, es decir, a la máxima entropía, mediante la creación de estructuras y organizaciones cada vez más complejas y diversas, es decir, por medio de la edificación de la "Pirámide de la Complejidad". Se trata, como dijimos en la Primera Parte de la Tesis, de una lucha entre las fuerzas de la vida y la muerte, una competencia entre la formación de nuevos órdenes, cada vez más complejos y diversos, y la orientación hacia el máximo desorden, asociado a la homogeneidad térmica y molecular, o sea, a la uniformidad y la monotonía, lo que significaría la anulación del sistema-cosmos, o sea, el extremo del primer principio de la doble relación ecosistémica (que anularía la posibilidad de todo evento). Por lo tanto, mientras la máxima entropía es la ejecución del determinismo cósmico (primer sentido del doble principio de la relación ecosistémica), éste último es respondido mediante la construcción de la complejidad a partir de fenómenos marcados por el azar, como los estados de sobrefusión y las condiciones de desequilibrio físico-químico (segundo principio).

La lucha entre la homogeneidad y la heterogeneidad en el cosmos es un verdadero proceso de homeostasis cósmico que ha mantenido el nivel de entropía en un nivel bajo y constante (0,1%; ver página 31 de la Tesis). Hasta ahora, el sentido de la evolución ha sido progresivo: cada vez se aprecia mayor complejidad en el cosmos a través de la flecha del tiempo.

⁷² *Op. cit.*, págs. 171-178.

Sin embargo, en los tiempos actuales, sería posible que un "evento efectuador" llevara a la destrucción de toda vida en la Tierra debido a la agresividad (por medio de una guerra nuclear) y la irresponsabilidad (por medio de una catástrofe ecológica) del ser humano, que a la vez llevaría a la pérdida de varios peldaños superiores de la Pirámide: las sociedades, el cerebro humano, el ser humano y las demás estructuras vivientes. Sería el extremo del segundo principio de la relación ecosistémica: el evento destruiría una parte importante de la complejidad alcanzada por el Universo. Entonces, el sentido de la evolución cósmica sería regresiva, en caso de que el ser humano no asuma de una vez que es él mismo responsable (y responsable consciente, puesto que tiene conciencia de sí) de la evolución del cosmos.

Sincronía y diacronía evenencial

Morin rechaza la dicotomía realizada por Saussure entre "sincronía" y "diacronía", por no aprobar la definición de sincronía como simultaneidad entre varios acontecimientos en el tiempo, lo cual implica extratemporalidad (mientras que diacronía significaría sucesión temporal). Frente a la definición saussuriana, Morin responde que los sistemas biológicos y humanos, "sin contar un gran número de sistemas físicos naturales y artificiales", son sistemas "cíclicos y multiestáticos, puesto que su funcionamiento se efectúa siguiendo la "flecha del tiempo", toman diferentes estados en el tiempo, se autoperpetúan o autorreproducen en el tiempo, con cualidades que se realizan o no en el tiempo. Sus eventos se inscriben dentro de la "flecha del tiempo" y están previstos o integrados en el sistema, por lo cual serían "*syn-chrones*" ("syn" = con; sincronía = con el tiempo).⁷³

Pero cuando los sistemas son afectados por un cambio en su "dispositivo generativo"⁷⁴ o su información por una mutación, se produce una ruptura que los modifica, por lo cual ya no encontrarán la misma "sincronicidad" que antes, es decir, ya no hallarán los mismos elementos o las mismas cualidades que los definieran y que definieran a la vez su anterior estado de estabilidad y permanencia, es decir, la reproducción sistémica en forma de relativa repetición. De aquí se entra a la diacronía sistémica, donde el tiempo significa heterogeneidad, creación, apertura a la diversidad y la novedad, al aumento de la complejidad del sistema; como dice Morin: "En la diacronía sistémica entran las rupturas que destruyen o que hacen evolucionar a los sistemas".⁷⁵

A nivel cósmico, los estados de sobrefusión en condiciones de desequilibrio han hecho funcionar a las fuerzas de la naturaleza, que han procedido a efectuar reacciones de unión entre elementos de un mismo peldaño de la Pirámide, llevándolos a uno superior con cualidades y elementos diferentes al anterior. Por ejemplo, el estado de sobrefusión nuclear ha posibilitado la intervención de la fuerza nuclear, que unió protones, electrones y neutrones, conformando los primeros átomos (ver pág. 28 y 29 de la Tesis), los cuales adquirieron propiedades de funcionamiento que los hicieron diferentes a los protones, electrones y neutrones por sí solos. Además, las uniones crearon más de cien tipos de átomos a partir de aquellos tres elementos constitutivos. Por lo tanto, el sistema cósmico sufrió un cambio en su constitución o modo de "reproducción sistémica en forma de relativa repetición", orientándolo a la ruptura y a un nuevo estadio de la evolución. Al ascender en la Pirámide, se rompió la sincronicidad apreciada en el peldaño inferior, y se adoptó una nueva. El evento,

⁷³ *Op. cit.*, pág. 181.

⁷⁴ *Ibid.*

⁷⁵ *Ibid.*

marcado por el azar, llevó a la formación de un nuevo orden en el Universo. La diacronía sistémica se encuentra en este fenómeno.

En la nueva diacronía se introduce, de acuerdo con el autor, "la ciencia de la evolución", ⁷⁶ y argumenta que la redefinición de sincronismo ya no aborda la estructura como amputada, sino que vinculada al funcionamiento y a los estadios de desarrollo; serían sistemas multiestáticos y cíclicos atravesados por una cadena sucesiva de eventos.

Morin cita a Heinz von Foerster uno de los principios que éste enunció acerca de los sistemas complejos: el "orden a partir del ruido", es decir, "un principio de selección según el cual los eventos-ruídos contribuyen al aumento del orden de dichos sistemas". ⁷⁷ Se trata del papel del evento en la modificación del sistema. Pero... ¿cómo se hace posible que el primero oriente al segundo en un sentido evolutivo?

Primero, Morin distingue dos tipos de modificación sistémica: una generativa y otra fenoménica. Es una distinción situada en el corazón de la biología moderna con la dicotomía genotipo-fenotipo.⁷⁸ Lo generativo se refiere a los movimientos que realiza el sistema en términos de su reproducción y perpetuación en un cierto estadio de su desarrollo, mientras que lo fenoménico se refiere a la actualización del mismo, incluyéndose sus experiencias y su relación con el entorno o ecosistema. "Lo generativo es lo que hace vivir; lo fenoménico es lo que vive."⁷⁹

Por lo tanto, el sistema generativo es modificado en la medida en que actualiza y expresa sus potencialidades, pero no en su organización fundamental. Por ejemplo, el cuerpo de un niño entre siete y nueve años sufre cambios debido a la modificación de la piel, el peso, la talla, la alimentación, etc, pero la estructura corporal ni el sistema genético que la programa son modificados por ello.

Luego, lo que modifica verdaderamente a un sistema sería "la modificación de su dispositivo generativo", que a su vez sería modificada por "lo que lo desorganiza".⁸⁰ ¿Y qué lo desorganiza? En términos foersterianos, el ruido, es decir, el desorden. Aquí se encontraría el evento diacrónico: el que alcanza a la parte generativa, que altera el régimen de reproducción del sistema. El ejemplo más característico sería la mutación genética, una especie de "error" en la reproducción del programa genético, que es un fenómeno imprevisible y que ocurre rara vez. Sin embargo, a pesar de esta alta improbabilidad, la mutación ha permitido la creación de la diversidad humana, animal, vegetal e, incluso, de los sistemas no vivientes, como el cosmos (aunque el cosmos sería un sistema no viviente que contiene uno que sí es viviente, y que se concentraría al menos aquí en la Tierra).

El surgimiento sucesivo de las fuerzas de la naturaleza y las condiciones de desequilibrio físico-químico, son fenómenos asociados al desorden, que se apartan del régimen de reproducción sistémica del cosmos hasta el momento de cada evento, pero que generan nuevas estructuras y organizaciones para alcanzar un nuevo estadio de relativa permanencia de un nuevo régimen de reproducción sistémica. Tales fenómenos asociados al desorden, o al error, son los que habrían posibilitado la evolución del Universo entero.

⁷⁶ *Op. cit.*, pág. 182.

⁷⁷ *Ibid.*

⁷⁸ *Op. cit.*, pág. 183.

⁷⁹ *Op. cit.*, pág. 181.

⁸⁰ *Ibid.*

La diacronía evenencial, que altera las formas de reproducción de un sistema complejo, se asocia a la idea de *crisis*, que conduce a procesos de desorganización, reorganización y cambio.

Entre los elementos de una crisis que desencadenan un evento, en un sistema auto-organizador, se pueden observar:

1. Detención o parálisis, parcial o no, en el funcionamiento de un elemento del sistema o subsistema.
2. El levantamiento parcial, local o general, de inhibiciones organizacionales que permiten la actualización de virtualidades inhibidas.
3. La transformación de las diferencias en oposiciones.
4. El desencadenamiento de feed-back positivos: perturbaciones (runaways) o desarrollo rápido de tendencias nuevas.
5. El desencadenamiento de feed-back negativos de supervivencia, tendentes a salvaguardar la integridad del sistema.
6. El desencadenamiento de scanning, búsqueda por ensayo y error de soluciones nuevas.
7. La dialectización de todos estos elementos.⁸¹

Vistos a la luz de la cosmología contemporánea, se puede analizar cómo se cumplen o se han cumplido en el desarrollo del Universo cuando se ha desencadenado un evento, asociado, por ejemplo, al fenómeno de la sobrefusión y a la participación de las fuerzas de la naturaleza:

(1) cuando se produjo la sobrefusión electromagnética, se detuvo el desarrollo de los actos de la formación de núcleos, que pudieron haber conducido a homogeneizar el cosmos con la formación de núcleos de hierro;

(2) la participación de la fuerza electromagnética perturbó el sistema (el universo, que sería un sistema aislado) introduciéndole nuevas leyes de funcionamiento al fomentar la unión de núcleos con electrones, conformando átomos y moléculas —está en el debate de la física teórica si las leyes físicas ya estaban contenidas o no en la "sopa primordial"—, y además, la participación de la fuerza electromagnética estaba inhibida por la alta temperatura del cosmos, que al bajar rápidamente, ha hecho posible la aparición del evento en cuestión;

(3) antes de la aparición de la fuerza electromagnética, los núcleos y los electrones se desplazaban por el cosmos en expansión sin que la existencia de los primeros afectaran a los segundos; eran elementos diferentes, pero no con funciones antagónicas, hasta que los electrones y los núcleos se unen para formar átomos, manteniéndose unidas por fuerzas de atracción y funcionan por oposición; la diferencia de cargas empieza a cumplir una función dentro de los átomos;

⁸¹ *Op. cit.*, págs. 186-187.

(4) se desarrollan las tendencias nuevas de manera irreversible al bajar inexorablemente la temperatura del cosmos, y se consolida la formación de átomos y moléculas;

(5) se forman feed-backs negativos tendentes a salvaguardar el sistema-cosmos conservando las bases que conformaron los átomos y las moléculas, es decir, los núcleos y los electrones, se conserva la acción de la fuerza nuclear;

(6) el sistema busca por ensayo y error soluciones nuevas; las uniones nucleares-electrónicas se van adecuando al contexto;

(7) se asciende en la pirámide de la complejidad conservando sus bases, a la vez que se da un paso en la evolución imponiéndole al universo un desarrollo de carácter irreversible.

Dice Morin: "Del juego de esta dialéctica puede surgir el fracaso o la regresión. (...) Puede conducir al restablecimiento del status quo. Pero también puede conducir a la innovación, es decir, a la aparición de una cualidad, de una complejidad, de una propiedad nuevas." Hasta hoy, el universo ha tendido hacia la innovación. Y agrega el autor: "Y se ve, aunque groseramente, dónde se hallan, en el caos de la crisis (torbellino de fuerzas contradictorias), *las fuerzas creadoras cuyo desencadenamiento está estrechamente unido al de las fuerzas destructoras: están en las virtualidades hasta entonces inhibidas* (donde también están las fuerzas destructoras); *están en el feed-back positivo, que aviva la tendencia nueva* (pero que también puede ser perturbación y desarreglo generalizados); *están en el scanning, iniciativa espontánea, eventualmente creadora de las masas o de los individuos.*⁸² (Cursivas en el original.)

Punto por punto podemos reafirmar los tres primeros que definen una crisis sistémica:

- (1) Las fuerzas creadoras están estrechamente ligadas a las fuerzas destructivas en torno al concepto de entropía: la entropía es el gasto de energía que se paga al ascender en la pirámide de la complejidad; la entropía es una fuerza destructora, y sin embargo, compite con ella una fuerza constructiva, que es la formación de nuevos órdenes, de nuevas estructuras, de la conformación de un universo cada vez más complejo, más diverso e innovador.
- (2) Las tendencias nuevas se consolidan a través del tiempo a partir de la perturbación, originada en este caso por el rápido descenso de la temperatura y la sobrefusión, originando un contexto de desequilibrio para las reacciones físico-químicas.
- (3) El mayor acto de iniciativa espontánea en la evolución estaría en la biología, a través de las mutaciones genéticas, que ocurren de manera contingente, sin obedecer a una regla clara, formalizable por la ciencia.

Por lo tanto, hay una cierta similitud que se pueden establecer entre paradigmas Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Morin mismo postula que las últimas debieran asemejarse al paradigma de las Ciencias Naturales actuales, sobre todo el de la Cosmología, en el sentido de que esta disciplina se va abriendo a la novedad, a lo particular y a lo histórico.⁸³ Las Ciencias Naturales, en el siglo XIX, habían

⁸² *Op. cit.*, pág. 187.

⁸³ *Op. cit.*, pág. 136.

abandonado el estudio del evento, dejándolo fuera del alcance de su reflexión y práctica epistemológica, debido a que representaba lo contingente, accidental y, en suma, singular, lo cual contradecía la tendencia de los científicos naturales de ese tiempo al ser antes que el devenir, buscando tras los fenómenos leyes espaciales, ahistóricas y deterministas que rigieran en todo el ámbito del universo. Desde el Renacimiento, y aun antes desde Platón, Aristóteles y Parménides, la apuesta era el funcionamiento de un universo con leyes. Por lo tanto, aquí no cabe lo singular, lo evenencial.

Morin se opone al mensaje científico que aún abunda en la ciencia contemporánea: "No hay ciencia de lo singular, no hay ciencia del evento."⁸⁴ El evento representa: singularidad, contingencia, accidente, irreductibilidad, lo vivido. La Sociología lo ha expulsado al ordenarse alrededor de leyes, modelos, estructuras y sistemas, mientras que la historia lo expulsa últimamente al estudiar procesos que obedecen a lógicas sistemáticas o estructurales. Sin embargo, en el mismo momento en que las Ciencias Sociales se modelan según un esquema de tipo determinista, la Física aborda el problema de la historia y del evento.⁸⁵

LOS PLANTEAMIENTOS EPISTEMOLOGICOS APLICADOS AL CAMPO DE LA SOCIOLOGIA

Las ideas de Morin expuestas recientemente nos servirán para aproximarnos a la aplicación, al sector de las Ciencias Naturales, de las nociones de orden y desorden, azar y determinación, en el problema epistemológico del proceso de la observación y la elaboración del conocimiento, para luego trasladarnos al ámbito sociológico e ilustrar cómo se expresarían estos últimos aspectos.

Hemos mencionado que el físico David Bohm sostiene que lo más serio de una construcción basada en la relación sujeto-objeto, es que primero construimos una realidad fragmentada, y actuamos como si ésta fuera efectivamente así. En el caso de la misma Sociología, esta misma se ha dividido en diversas especialidades y subespecialidades, lo que equivale a fragmentar el propio objeto de estudio.

También nos hemos referido al problema de especialización, que ha llegado a los niveles del "bárbaro ilustrado" que plantea Ortega y Gasset, que lleva a la incomunicación entre las subespecialidades establecidas dentro de una misma disciplina o a nivel de las ciencias en general. En oposición a esto, Morin ha postulado la "transdisciplinariedad".

El sociólogo francés Pierre Bourdieu ha tomado en cuenta el problema de la construcción fragmentada de la realidad social. Cuando un periodista le pregunta a Bourdieu por qué es especialmente problemática la Sociología, él contesta: "Porque devela cosas ocultas y a menudo *reprimidas*, como la correlación entre el éxito escolar, que se identifica con la 'inteligencia', y el origen social o, para ser más exactos, el capital cultural heredado de la familia."⁸⁶ La "inteligencia", un fenómeno clasificado como "psicológico", puede ser eventualmente asociado con uno clasificado esta vez como "socio-económico": sería un caso, según Bourdieu, donde la integración de

⁸⁴ *Op. cit.*, pág. 135.

⁸⁵ *Op. cit.*, pág. 136.

⁸⁶ BOURDIEU, Pierre, *Cuestiones de Sociología*, Ediciones Istmo S.A., España, 2000, págs. 21-22.

dimensiones fragmentadas representaría una amenaza para las clases sociales dominantes.⁸⁷

Pero no es el problema ideológico o político lo que queremos abordar aquí (puesto que no es uno de los objetivos de esta Tesis), sino epistemológicamente uno de los planteamientos de Bohm que se resume en la siguiente frase: "orden implicado". En la aseveración de Bourdieu, se pone énfasis (en el texto original) en la palabra "reprimidas". Dentro de la correlación (positiva o negativa) entre el éxito escolar y el origen social, ¿cuál sería la serie de fenómenos (sean sociales, psicológicas, biológicas, económicas, ecológicas, políticas y todas las clasificaciones provocadas por nuestro pensamiento fragmentado) que se estarían reprimiendo tras la misma? Detrás de la correlación matemática entre ambos fenómenos podrían *implicarse* muchísimos más fenómenos, y de las infinitas clases que podamos clasificar.

Bohm opone a la fragmentación el "orden implicado" que sería capaz de producir un conocimiento "fluyente", en términos del físico, o sea, abierto a nuevos descubrimientos, a la novedad y al movimiento transformador y/o evolutivo del fenómeno en estudio, lo cual es lo opuesto a lo terminado, a los "productos acabados". Por supuesto que esto desafiaría a la realidad de la especialización, ya que ésta impide abordar fenómenos cuyo "objeto de estudio" haya sido apropiado por una disciplina específica. A partir de la implicación y del orden implicado, sería posible construir una Sociología de la "totalidad", en oposición a la fragmentación y al "orden fragmentado". De acuerdo a Bohm:

En el orden implicado [o plegado], ni el espacio ni el tiempo son ya factores dominantes para determinar las relaciones de dependencia o independencia de los diferentes elementos. Es posible que exista una relación básica diferente por completo entre los elementos, y que, por ella, nuestras nociones ordinarias del espacio y del tiempo, junto con la de partículas materiales existentes por separado, queden absorbidas en las formas derivadas de este orden más profundo. En efecto, estas nociones ordinarias aparecen en lo que se llama el orden *explicado* o *desplegado*, que es una forma especial y particular contenida dentro de la totalidad general de todos los órdenes implicados.⁸⁸

Es lo que acabamos de señalar con Bourdieu: que detrás de la correlación entre "éxito escolar" y "nivel socioeconómico" es posible que exista una serie de fenómenos que el observador podría investigar más profundamente y que, abordándolos, pudieran aprovecharse para construir un conocimiento social más elaborado y con mayor contenido, conformando un nuevo orden (a nivel del proceso de elaboración de una determinada realidad social a la que se quiera estudiar) a partir del "desorden" de los datos recolectados inicialmente. El nuevo orden sería este "orden implicado" a lo que alude Bohm. (Como ya hemos señalado más arriba, definir orden y desorden y poner en diálogo estas dos nociones es tarea del investigador, puesto que la realidad misma no las deja de por sí definidos.) Y tal como afirma la cita anterior, la elaboración de variables "duras", el "orden explicado" (en oposición al implicado), podrían servir como un paso previo a la de un conocimiento social organizado de manera más compleja.

Pero esta manera de abordar los fenómenos, sean sociales o naturales, nos llevaría, de tomar nuestras teorías como "descripciones directas de la realidad tal como es"⁸⁹ (y por lo tanto, imperecedero, permanente, obedeciendo a leyes generales, atemporales y de carácter reversible), a adoptar "formas de observar siempre

⁸⁷ *Op. cit.*, págs. 21-22 y 262-265.

⁸⁸ BOHM, David, *op. cit.*, pág. 17.

⁸⁹ *Op. cit.*, pág. 28.

cambiantes, que pueden señalar o apuntar a una realidad que sólo está implícita y que no se puede describir ni especificar en su totalidad".⁹⁰

Esta aseveración se acerca a los modos de pensar de Prigogine y Reeves, que abordan los fenómenos naturales considerándolos en base a leyes físicas transitorias, y que son cambiantes y se transforman de acuerdo a un proceso de evolución, cuya historia es sólo parcialmente previsible pero que edifica estructuras materiales y vivientes cada vez más complejas. Por lo tanto, si el Universo tiene una historia por estar en constante cambio y abierto a la novedad y lo desconocido, entonces nuestra manera de observar debiera ser también abierta a la novedad y el surgimiento de lo desconocido —de lo todavía no existente—; así como también considerar que el concepto de "orden implicado" estaría asociado a niveles de complejidad mayor en la elaboración del conocimiento científico.

Abordar los fenómenos sociales en base a la elaboración de un "orden implicado" nos lleva a las reflexiones epistemológicas aplicadas a la Sociología, que plantea el sociólogo mexicano Hugo Zemelman: una "sociología crítica", que reafirme el aporte del "sujeto cognoscente" (en palabras de Morin, el sujeto que conoce y elabora conocimiento a partir de sus observaciones) al fruto de su trabajo intelectual, dialogando con los fenómenos que estudia y tomando en cuenta el orden implicado en ese proceso. De esta manera, el conocimiento dejaría de ser un *producto* (terminado, acerca de fenómenos imperecederos que obedecen a leyes de carácter reversible) y pasaría a convertirse en uno que diera cuenta de lo señalado por Bohm: fenómenos de carácter irreversible, mediados por la "flecha del tiempo" mediante la edificación en la "pirámide de la complejidad", y que quedan abiertos a la novedad y al cambio. En una palabra, sería un conocimiento "productente", en palabras del autor. Básicamente en las nociones de la novedad y el cambio se encuentra el aporte de Zemelman, en el campo de la Sociología, que desarrollaremos a continuación.

Dentro del pensamiento de Zemelman se encuentra "pensar la realidad en movimiento", "entender cualquier determinación como inacabada, abierta a nuevas realidades susceptibles de enriquecer las determinaciones establecidas", puesto que ninguno de los fenómenos abordados por la ciencia "puede ser conceptualizado dentro de límites concebidos como inamovibles", lo que en una palabra se resume como "potencialidad".⁹¹ Sin embargo, se asume la potencialidad del fenómeno a partir de algún suceso particular que "no es susceptible de ser constatada en términos de un razonamiento general ya que, por una parte, está siempre referida al espacio conformado por el presente, pero además porque la posibilidad es función de opciones de construcción que, como tales, resultan de una particular visión del futuro".⁹²

En otros términos, se estudiaría los escenarios posibles en la manera como evolucionaría un determinado fenómeno presente teniendo en cuenta su particularidad y su carácter irreversible, por lo cual no se le podrían aplicar leyes atemporales y ahistóricas para abordarlas. No se podría, por ejemplo, aplicar tales leyes que contuvieran reglas para determinar qué clase de escenario posible se podría determinar exactamente (como la visión del "marxismo vulgar", que atribuye a una "necesidad histórica" determinada por "leyes históricas" la transición del capitalismo al socialismo y comunismo; o su contraparte, el "fin de la historia", proveniente del "capitalismo vulgar" de Francis Fukuyama). O, como dice Zemelman: "Estaríamos en presencia de una forma de movimiento que no es simplemente el resultado de

⁹⁰ *Op. cit.*, pág. 40.

⁹¹ ZEMELMAN, Hugo, *Los Horizontes de la Razón*, Tomo I, Ed. Anthropos, Barcelona, España, 1992, pág. 23.

⁹² *Op. cit.*, pág. 24.

determinados dinamismos (sometidos o no a regularidades), sino a un movimiento posible de construirse.”⁹³

Estaríamos tratando, por lo tanto, con fenómenos futuros parcialmente previsibles (si es que no imprevisibles totalmente) a partir de un presente *particularmente* determinado, y no de un presente general y altamente abstracto, por lo cual la realidad tendría “que ser comprendida como una articulación entre lo dado y lo potencial”.⁹⁴

El hecho de abordar fenómenos en constante cambio y que, si bien obedecerían a ciertas regularidades, éstas no serían fijas, permanentes y atemporales, cambiaría el modo que debiera adoptar nuestra forma de concebir y elaborar teorías, sean sociológicas o cosmológicas: “Al enfrentarnos con una mutabilidad real imprevisible y con una praxis que la moldea, no tiene sentido limitarse a trabajar con estructuras teóricas ‘acabadas’ (...) sino que, a la inversa, a partir de esta consideración se fortalece un cambio en la relación con las estructuras teóricas”.⁹⁵ Y según Bohm: “Una teoría es, en primer lugar, una manera de *formarse una idea*, es decir, una manera de mirar el mundo, y no una forma de *conocimiento* de lo que es el mundo.”⁹⁶

Sin embargo, es conveniente recalcar que Zemelman no solamente considera que los fenómenos sociales deban abordarse abriéndose el observador al cambio y a la novedad, sino que también toma en cuenta que se pueden estudiar los escenarios futuros posibles de su evolución: “Cuando nos referimos a la construcción pensamos en el proceso de moldear una realidad potencial”, afirma. O, lo que es lo mismo: “Cuando pensamos que la realidad se construye, estamos considerando un espacio social por conquistarse”.⁹⁷

Por eso, cuando define lo que es el análisis político, lo hace de esta manera:

El análisis político es un saber que consiste en determinar lo viable, por lo que es pertinente aclarar que también hay en ello un ‘no saber’ como contenido que se acompaña, en el análisis político, con un desarrollo de una conciencia de lo histórico: lo viable potencial.⁹⁸

El hecho de que haya un “no saber” que acompaña al proceso o elaboración del conocimiento, es lo va asociado a la idea de imprevisibilidad de los movimientos evolutivos que, como tales, pueden caracterizarse a los fenómenos sociales. Esta manera de abordar los fenómenos concuerda con la postura de Prigogine y Reeves: en cada transición de una etapa a otra en el desarrollo del Universo (asociada, entre otras cosas, al surgimiento sucesivo de las fuerzas de la naturaleza) hay elementos de imprevisibilidad, puesto que los fenómenos se desarrollan en condiciones de no equilibrio, una cualidad que caracteriza permanentemente a los fenómenos sociales.

“Lo viable potencial” es el rango de escenarios futuros potenciales a partir de un presente determinado. Para tomar esto en cuenta en la elaboración del conocimiento, se necesita un “desarrollo de una conciencia de lo histórico”, lo que equivaldría al abandono de una concepción clásica de la ciencia frente a fenómenos altamente organizados, de carácter reversible, gobernados por leyes permanentes y sin mediación de la “flecha del tiempo”.

⁹³ *Ibid.*

⁹⁴ *Ibid.*

⁹⁵ *Op. cit.*, pág. 29.

⁹⁶ BOHM, David, *op. cit.*, pág. 22.

⁹⁷ ZEMELMAN, Hugo, *op. cit.*, pág. 33.

⁹⁸ *Op. cit.*, pág. 36.

Ya que mencionamos el tema del análisis político como ejemplo, consideremos lo que diversos científicos políticos y sociales han especulado para advertir acerca de los escenarios futuros más probables ante una invasión estadounidense a Iraq (entre los chilenos, el analista político Raúl Sohr ha sido uno de los que más se han destacado en esta tarea), antes que el actual gobernante de la Casa Blanca la materializara el 20 de marzo del 2003: ¿Iba a ser una guerra de duración corta o larga? ¿Qué podía ocurrir si la guerra era corta? ¿Qué podía ocurrir si llegaba a alargarse? Si se alargaba, ¿podían llegar a organizarse movimientos guerrilleros de resistencia en el país invadido? Si resultaba ser corta (lo que realmente ocurrió), ¿iba Estados Unidos a poder instalar un gobierno a la usanza democrático-liberal occidental con una economía de mercado en condiciones de paz? ¿Iba a poder Estados Unidos establecer la paz en Iraq después de ganar militarmente la guerra? ¿Estaría en condiciones de controlar la mayor reserva mundial de petróleo y la política regional del Medio Oriente? Y en un contexto de historia de larga duración, ¿significaría la guerra contra Iraq la declinación de la hegemonía estadounidense en lo económico, político, cultural y militar?⁹⁹

“La posibilidad es función de opciones de construcción que, como tales, resultan de una particular visión del futuro”, decía Zemelman, afirmación que hemos citado más arriba. Esta aseveración se hace patente y especialmente notoria si lo llevamos como ejemplo al caso de la Venezuela actual, el del presidente Hugo Chávez, desacreditado una y otra vez por los poderosos medios privados de comunicación de su país —y por extensión, del resto del mundo.

Recordemos el golpe de Estado ocurrido el 11 de abril del 2002. Considerando un pasado latinoamericano repleto de gobiernos militares en los años sesenta y setenta, atribuidos por algunos analistas de las Ciencias Sociales al carácter populista e ineficiente del manejo económico en las horas siguientes del derrocamiento de Chávez los analistas políticos y sociales también hicieron algunos análisis de los escenarios posibles del país venezolano, pero el más frecuente fue éste: habría un “gobierno de transición” a la democracia (sin Chávez), al que los venezolanos les terminaría entregando su apoyo, ya que estaban deseosos de que los gobernantes les resolvieran la crisis económica a la que estaba cayendo el país. O, en todo caso, el gobierno del golpista Pedro Carmona duraría un tiempo largo o medianamente largo. Es una visión del futuro proveniente de los acontecimientos del pasado.¹⁰⁰

Sin embargo, hubo un contragolpe de Estado, Chávez fue devuelto al poder, y el gobernante golpista Pedro Carmona duró uno o dos días solamente en la presidencia. ¿Algún analista especuló acerca de la *posibilidad* de que este fenómeno ocurriera, aunque fuera nuevo en América latina? Elementos de imprevisibilidad, que por lo demás caracterizan a los fenómenos sociales y políticos, han actuado en esta coyuntura. Sin embargo, sería una manera de abordarla de una forma que la mayoría de los medios de comunicación no están dispuestos a adoptar aún. Siguen asegurando escenarios futuros que se darían con un ciento por ciento de certeza: “En Venezuela va a haber una guerra civil”; “Chávez va a declarar el estado de excepción constitucional” (sin embargo, no lo hizo durante los dos meses que duró el paro petrolero organizado

⁹⁹ La especulación en torno a estas interrogantes se ven reflejadas, por ejemplo, en los siguientes artículos: NORTH, David, *La crisis del capitalismo americano y la guerra contra Irak*, en *Revista Globalización*, Marzo 2003; y a partir de un sociólogo: WALLERSTEIN, Immanuel, *¿Conmoción y pavor?*, en *La Jornada*, México, 19 de abril de 2003. Las respectivas direcciones electrónicas pueden consultarse en la Bibliografía.

¹⁰⁰ En el diario argentino *Página/12* puede apreciarse esta clase de concebir los fenómenos sociopolíticos de ese momento; especialmente los siguientes artículos: URIARTE, Claudio, *Anatomía de un suicidio*; BRUSCHTEIN, Luis, *La realidad está entre dos versiones extremas*; TERRAGNO, Rodolfo H., *El sitiador sitiado*; y GRANOVSKY, Martín, *El barrio se puso complicado*, todos ellos en *Página/12*, 12 de abril de 2002. Las respectivas direcciones electrónicas pueden verse en la Bibliografía.

por la patronal, entre diciembre del 2002 y enero del 2003); "Chávez va a desconocer la derrota en el referéndum revocatorio si se llega éste a realizar", etc.¹⁰¹

Se auguran los *peores* escenarios posibles con *total* certeza —y con una indisimulada intencionalidad en ello.¹⁰²

La especulación acerca de escenarios futuros *certeros* (que se cumplirían con un ciento por ciento de certeza) obedece a un "conocimiento producto", es decir, que obedece a regularidades permanentes en todo tiempo y lugar. El "conocimiento productivo", en cambio, es una construcción de conocimiento "fluyente"; un fluido que tiene un cierto sentido, una "direccionalidad" que se construye, noción que Zemelman define de la siguiente manera:

Cuando hablamos de movimiento en un recorte dado, o presente, no podemos restringirnos a las potencialidades que se derivan de mecanismos estructurales, como la contradicción, sino que debe agregarse la función que cumple la praxis para darle movimiento a la realidad, y que llamaremos construcción de la direccionalidad.¹⁰³

Es decir, además de estudiar los posibles caminos que ciertas condiciones sociales dadas en el presente pudieran desencadenar, también debemos abordar la capacidad que tiene la práctica social, apelando a la voluntad colectiva e individual, con sus formas de concebir una situación coyuntural o histórica dada, para transformarla y entrar a un estadio diferente de su evolución.

El concepto de "direccionalidad", llevándola a la Cosmología, puede asociarse con el de la "flecha del tiempo". Aunque los fenómenos naturales no conlleven volición ni conciencia de sí ni de su existencia, y aunque no pueden darles valoraciones a las cosas, se puede considerar, partiendo de las ideas de Prigogine y Reeves, que la historia del Universo también ha transcurrido en torno a una direccionalidad, es decir, a un sentido: la organización de estructuras cada vez más complejas y diversas, que fueran surgiendo sucesivamente, cuya existencia no estuviera contemplada en estadios anteriores de evolución; y, por qué no, donde estuviese contemplado el surgimiento de la vida, que es el estado de mayor complejidad de las estructuras existentes en el cosmos.

Alrededor de esta última posibilidad es que corre el interrogante de Hawking y el "principio antrópico". ¿La vida ha aparecido por azar o por necesidad?... Puesto que, como afirman los filósofos Desiderio Papp y Jorge Estrella,¹⁰⁴ si bien se ha podido apreciar científicamente una conexión evolutiva manifiesta entre la materia física y la biológica (a partir de la formación de macromoléculas, biomoléculas, etc), no se ha podido establecer la misma claridad de aquella conexión entre la materia biológica y la mente (si es que asumimos una posición dualista y no monista, es decir, si creemos que la existencia de la división mente-cuerpo, o espíritu-materia, frente a la concepción que asume la existencia sólo de lo material como constituyente de todo lo real). Entonces, para que surgiera el ser humano, con su autoconsciencia y su capacidad de lenguaje y de realizar valoraciones e interpretaciones acerca de lo que le ocurre, ¿tuvo el Universo, desde la "sopa primordial", un plan preconcebido? Es una pregunta todavía sin respuesta (y posiblemente nunca la tendrá).

¹⁰¹ Este tipo de enfoque, que raya en el prejuicio, puede verse en el diario chileno La Nación. HOMEDES, Marc, *Deschavetados. Venezuela y los peligros del referéndum para sacar a Chávez*, en *La Nación Domingo*, 12 de junio de 2004.

¹⁰² Véase, por ejemplo, el artículo que denuncia este tipo de prácticas en: LEMOINE, Maurice, *Laboratorios de la mentira. Quintacolumnismo en las portadas venezolanas*, en *Le Monde Diplomatique*, Edición chilena, N° 22, Agosto 2002.

¹⁰³ *Op. cit.*, pág. 54.

¹⁰⁴ PAPP, Desiderio y ESTRELLA, Jorge, *Teorías sobre la Vida*, Ediciones Pedagógicas Chilenas S.A., Chile, 1989, págs. 13-33.

Haciendo referencias estrictamente al campo de la Sociología, las ideas de Hugo Zemelman se podrían sintetizar de la manera siguiente:

El “conocimiento fluyente” da cuenta no solamente de lo que al observador se le presente como empíricamente observable, sino que también la potencialidad, vale decir, las infinitas posibilidades, las distintas *direcciones* que contiene en germen un determinado fenómeno en un momento dado —y que entrarían al nivel del “orden implicado” de Bohm. Lo que se manifestó está relacionado con el pasado; lo que está en germen tiene que ver con el presente; la dirección que podemos especular que finalmente adoptará, se asocia con el futuro. Así, pues, la potencialidad de los fenómenos otorga al estudio del presente una —no está demás redundar— potencialidad para estudiar las distintas posibilidades que tiene un fenómeno en estudio para abordar los temas relacionados con el cambio; en este caso, con el cambio social. Abordar la potencialidad de los fenómenos sociales en el presente posibilitaría la adopción de una sociología crítica, que no solamente reconociera un compromiso activo del investigador con la construcción de conocimiento social, sino que también el mismo investigador, el mismo sujeto cognoscente, se reconociera a sí mismo su propio poder activamente para intervenir y para transformar la realidad social, el fenómeno que estudia.

Este tipo de sociología también sería crítica en el sentido de que “al apoyarse en una noción de la realidad como articulación de procesos” en constante movimiento y transformación, “revela la importancia de lo no acabado” y que no se sujeta a leyes generales deterministas, “lo que significa cuestionar cualquier límite teórico cerrado: de ahí que se caracteriza por su naturaleza crítica”.¹⁰⁵

Este tipo de enfoque abordaría los fenómenos con las direccionalidades que se ocultan potencialmente tras el *orden implicado*. Como afirma Zemelman: “La realidad es una articulación de procesos de diferentes niveles estructurales y escalas de tiempo y de espacio, lo que delimita un recorte de la realidad [o presente] muy complejo; complejidad que para el caso del conocimiento histórico-político asume la particularidad de que en su marco no podemos hablar de una objetividad ajena al sujeto y a sus prácticas sociales.”¹⁰⁶

En palabras de Zemelman, podemos hablar de “procesos de diferentes niveles estructurales y escalas de tiempo y de espacio” (evolución, evento, transiciones de fase, etc) que son posibles activamente de descubrir dentro de un orden implicado; lo cual “delimita un recorte de la realidad muy complejo”, en oposición al “recorte” fragmentador que establece relaciones de sujeto a objeto; y, en el marco de una ciencia donde el investigador se hace consciente de lo que produce (sería ésta una “ciencia con consciencia”, tal como propone Morin), “no podemos hablar de una objetividad ajena al sujeto y a sus prácticas sociales”: podemos comprometernos con una concepción epistemológica del proceso de conocimiento científico en que el sujeto reconoce su poder de transformación de las prácticas sociales, puesto que incluso en las Ciencias Naturales contemporáneas el científico asumiría una postura análoga con respecto a los fenómenos que estudia.

Podemos especificar la parte del texto extraído de Zemelman donde habla de “una articulación de procesos de diferentes niveles estructurales y escalas de tiempo y de espacio”. Recordemos el ejemplo de Bourdieu sobre aquella “correlación” entre el “éxito escolar” y el “origen social”. Como dijimos, dentro de un *orden implicado*,

¹⁰⁵ ZEMELMAN, Hugo, *op. cit.*, pág. 52.

¹⁰⁶ *Op. cit.*, pág. 25.

podemos integrar las diferentes dimensiones de la actividad humana que nuestro pensamiento fragmentador ha desintegrado: dimensiones económicas, políticas, sociales, familiares, ecológicas, personales, biológicas, psicológicas, climáticas, históricas, jurídicas, etc. (el ponerle un "etcétera" muestra lo infinito que puede llegar a ser el proceso fragmentador de la realidad). Pero no solamente podemos integrar estas dimensiones en forma horizontal, vale decir, que tengan igual importancia de acuerdo a un criterio dado, escogido por el investigador dentro de su marco teórico; también podemos jerarquizarlas, vale decir, asignar órdenes verticales de importancia a algunas o a todas ellas, también en función del marco teórico que esté manejando el investigador. En este caso, con respecto a la afirmación: "hay una correlación (positiva o negativa) entre el éxito escolar y el origen social", Bourdieu informa que a nivel burocrático el "éxito escolar" es asociado a la "inteligencia", lo cual sería llevado al sector "psicológico", y el "origen social" al sector "socioeconómico". El estudio de lo que media entre ambos fenómenos, el orden implicado que subyace, ¿abordaría solamente dos dimensiones? ¿Y por qué solamente aquéllas? ¿O también daría cuenta de otras dimensiones? ¿Cómo ordenaría la elaboración de sus observaciones, de acuerdo al marco teórico manejado por el investigador?

De aquí entonces que un estudio de la totalidad se revele en forma de "una articulación de diferentes niveles estructurales y escalas de tiempo y de espacio". La ordenación que realice el sujeto de las diferentes dimensiones, en forma de "niveles" y "escalas", da como resultado una estructura teórica, una elaboración de los datos recolectados previamente por el investigador: una integración del desorden de aquellos datos para construir un nuevo orden (el orden implicado), más complejo.

Un enfoque de la totalidad contemplaría una estructura teórica flexible, susceptible de ser modificada de acuerdo a las circunstancias, ya que estamos tratando de un análisis de las potencialidades de la realidad social, que tiene que ver con el cambio y con las posibilidades: la ciencia se abriría así a la novedad y a la diversidad en el modo en que los fenómenos se manifestarían. Un orden *explicado* tendría que ver con lo hecho y terminado, no con lo que es posible ni con lo que está en germen. Por lo tanto, un marco teórico acorde con el orden implicado sería más flexible, sujeto a la revisión y a la crítica de sí mismo, o, más bien, a la autocrítica por parte del investigador. Es decir, el científico que use modelos en el proceso de elaboración del conocimiento o en su reflexión teórica, no debiera perder de vista el desarrollo de una ciencia "indefinidamente abierta", lo que equivaldría a "la liberación de la forma del razonamiento de los condicionamientos teóricos, del lenguaje y de los propios instrumentos de observación."¹⁰⁷

Esta es una idea que se acerca a la de Edgar Morin, en el sentido de que la ciencia progresa no solamente gracias a los aciertos, sino que también a los errores, tal como ya hemos ilustrado anteriormente. Por lo tanto, no debe caer en "el error de subestimar el error",¹⁰⁸ sino que debe hacerse cargo de él; y para eso, debe hacerse consciente del mismo, puesto que las limitaciones impuestas por el marco teórico, el uso del lenguaje y los instrumentos de observación harían posible el error, al mismo tiempo que se elaborara conocimiento científico. Por lo tanto, lo contrario de "error" no es "verdad", sino que más bien habría un juego entre error y verdad. La ciencia, que siempre necesita datos nuevos y contraponer sus teorías en competencia, cambia a través de sus contradicciones; tal necesidad no la tiene la teología, por ejemplo, pues se fundamenta en verdades inverificables y, por lo tanto, puede tener estabilidad y no tolera el error.

La reflexión del mismo Morin acerca de la imposibilidad de establecer el carácter de incertidumbre que comporta la incertidumbre, que a la vez introduce al investigador en

¹⁰⁷ *Op. cit.*, pág. 72.

¹⁰⁸ MORIN, Edgar, *op. cit.*, págs. 273-278.

un diálogo con los fenómenos que estudia, se introduce con mayor razón para la Sociología esta noción. Puesto que el comportamiento social conllevaría aún más incertidumbre que los fenómenos naturales, nuestras prácticas, al mismo tiempo que nuestras elaboraciones teóricas, podrían incidir en el desarrollo futuro de la realidad social.

Pero lo sorprendente es que las Ciencias Naturales contemporáneas también vayan incorporando la incertidumbre y, por lo tanto, la novedad y lo azaroso en los fenómenos naturales, así como el involucramiento del sujeto en la elaboración y conceptualización de los mismos. En ambos sectores de la Ciencia Contemporánea se establece la noción de que tras los fenómenos no se esconden leyes generales, válidas para todo tiempo y lugar, y que el sujeto investigador, en su calidad de observador y conceptuador, debe participar en un proceso de diálogo con el fenómeno u objeto de estudio, puesto que debe negociar con el componente de incertidumbre del mismo, y la interacción sujeto-objeto no tan sólo daría como resultado un conocimiento estático acerca del estado de un fenómeno en un recorte del tiempo (que se consideraría replicable en todos los demás recortes del tiempo que podamos hacer, es decir, un fenómeno permanente, eterno e inmutable), sino que, más bien, aquella misma interacción, al ser un diálogo o negociación, redundaría en la transformación del mismo fenómeno en cuestión; y debido a esto último, con mayor razón debieran los científicos estar abiertos a la novedad y a la creación en el proceso de observación y elaboración del conocimiento.

CONCLUSIÓN

A lo largo de los últimos quinientos años (específicamente a partir del Renacimiento), las Ciencias Naturales han sufrido serias metamorfosis en su enfoque del estudio de los fenómenos naturales. Las transformaciones estarían centradas en torno a la lenta incorporación de la temporalidad o "flecha del tiempo" en los mismos.

Rescatando las tendencias de la antigua Grecia de concebir los fenómenos naturales como carentes de sentido histórico y evolucionista, la cosmología de los Tiempos Modernos concibió un Universo ordenado e inmutable, donde operaban leyes físicas que pretendían ser deterministas, universales, ahistóricas y de carácter reversible. Luego, durante la Revolución Industrial, surgió una disciplina de las Ciencias Naturales que recibió el nombre de Termodinámica, de donde provendría el concepto de entropía. En esta misma época histórica surgió una conciencia social que daba cuenta de los límites del sistema económico capitalista, de emergente hegemonía, sobre las nociones de "utilizabilidad" y gasto –los recursos no eran inagotables como se suponía–, que las Ciencias Naturales recogieron y formalizaron en los dos principios de la Termodinámica, en especial el segundo, donde se sostiene que no toda energía puede ser utilizada en beneficio propio, ya que una parte de ella se disipa. Dicho en otras palabras: las diferencias de energía se nivelan entre el sistema y su entorno. (Durante la Revolución Industrial, los enfoques de Marx y de Boltzmann, orientados al estudio de la entropía y los límites de reproducción sistémica, sea social o cósmica, ya nos revelan un principio de cierto acercamiento entre Ciencias Naturales y Ciencias Sociales.)

Los cosmólogos del siglo diecinueve, que se preguntaban cómo había sido el origen del Universo, supusieron que el cosmos primitivo era altamente organizado y complejo y con una distribución muy heterogénea de la energía en sus distintas regiones, así como también de la materia, de tal manera que las temperaturas y las partículas se nivelarían hasta que el Universo llegue a su máxima uniformidad térmica y molecular.

A partir de los años veinte del siglo XX, el astrónomo Edwin Hubble puso en evidencia empírica un Universo dinámico y en expansión, en evolución y en descenso permanente de la temperatura. Este descubrimiento estableció una firme ruptura con aquella cosmología que partía de los fundamentos de la Física de Newton. Según el enfoque decimonónico del concepto de entropía, el cosmos estaría en camino a la nivelación de las diferencias térmicas y moleculares en el espacio vacío.

Sin embargo, Ilya Prigogine e Isabelle Stengers descubrieron que el concepto de entropía podía ser enfocado de una nueva manera: como un agente productor de nuevas organizaciones térmicas y moleculares (es el caso ya mencionado de los recipientes de hidrógeno y nitrógeno). A partir de esta nueva imagen de la entropía, Hubert Reeves sostiene que la historia del Universo consiste en una creciente organización de la materia cósmica, que este autor grafica en forma de una pirámide: se trata de la llamada "Pirámide de la Complejidad".

Ésta es una pirámide cuyos peldaños representan el nivel de complejidad (que es cada vez más alto a medida que transcurre la historia) de la materia. Cada nueva organización posee propiedades que no tiene la precedente. Por ejemplo, un organismo viviente se compone de diversas clases de células, y cumple múltiples funciones que una sola célula no puede, tales como la respiración, la digestión, el movimiento esquelético, la percepción sensorial, la evacuación de desechos, etc. Por

lo tanto, el organismo es una organización más compleja que la célula, y el primero ha sido engendrado por la última a lo largo de una parte de la historia del Universo.

Cada transición de un peldaño a otro de la Pirámide tiene un costo energético: la producción de entropía. Sin embargo, esta "entropía" genera nuevos órdenes; no conduce a un estado de máximo desorden, desequilibrio o uniformización molecular ni térmica. Al menos, ésa no ha sido la historia del Universo. Ésta ha sido en realidad una competencia entre el máximo gasto de entropía global (universal), que significaría la muerte cósmica, y una creciente organización de la materia (y de la complejidad de la organización), que representa una continua creación de vida. En términos matemáticos, la entropía global del Universo sólo ha aumentado en un 0,1% –un alza insignificante.

Esto se debe, según Reeves, a la actividad de las fuerzas de la Naturaleza (fuerzas nuclear fuerte, electromagnética y gravitatoria) sólo a una cierta temperatura en un contexto de desequilibrio –a partir de fenómenos de sobrefusión de cada fuerza; de ahí la variedad que se observa en la materia cósmica. El Universo ha evitado la uniformización máxima que supondría la circulación solamente de núcleos de hierro (por parte de la fuerza nuclear fuerte), gases nobles, agua, dióxido de carbono (fuerza electromagnética) y agujeros negros (fuerza de gravedad).

A nivel de todo el cosmos, la mayoría de las reacciones naturales se desarrollan en un contexto de desequilibrio, y en un Universo en expansión tiene carácter de irreversible: a partir de la noción de irreversibilidad es que tiene sentido incorporarle una validez ontológica al tiempo, vale decir, afirmar que existe –y que tiene un solo sentido (hacia "adelante").

De ahí, a su vez, la conceptualización de la "flecha del tiempo" y su justificación como recurso de investigación en las Ciencias Naturales de tendencia actual. Las leyes físicas newtonianas ya no tienen validez para todo fenómeno natural ni para toda fase de la historia del Universo. Estas leyes, antes universales y ahistóricas, ahora pasan a ser particulares de cada fase y de cada nivel de organización de la Pirámide de la Complejidad.

Ésta ha sido la historia del Universo, según Reeves. Sin embargo, tal como el físico teórico Stephen Hawking sostiene, este "modelo de Universo" (tal como lo observamos los seres humanos a partir de nuestra capacidad de formularnos preguntas por nuestros orígenes), si ha sido originado en un contexto de desequilibrio –que implica que las reacciones naturales y que la edificación de la Pirámide sólo son parcialmente previsible—, entonces es válido enunciar el llamado "Principio Antrópico" según el cual una variación infinitesimal en el proceso de la organización de la materia habría tenido como resultado un modelo de Universo donde no fuera posible la aparición de ninguna forma de vida en la Tierra, un astro como tantos otros en la inmensidad del cosmos, donde el ser humano se siente pequeño y sin la esperanza de que algún mandato divino (secularización versus religión), evolutivo (biología de Darwin versus Génesis bíblico) o histórico (marxismo clásico, el "Fin de la Historia") se ponga de su lado.

Ante este principio, Hawking cae en afirmaciones tautológicas del tipo: "El Universo es hoy como lo vemos, porque de lo contrario, no estaríamos aquí para andarnos formulando justamente este tipo de preguntas." Reeves sostiene que no solamente los seres humanos, sino que ninguno de los seres vivos hubiera aparecido en la Tierra, pero intenta escapar de la visión tautológica del Principio Antrópico introduciendo nociones de imprevisibilidad, caos e incertidumbre –lo que se refleja en los conceptos

de Prigogine de "bifurcaciones", "estados de equilibrio" y "transiciones de fase", que utiliza la Física de No Equilibrio hoy en día.

Sin embargo, esto no quiere decir que no se pueda seguir especulando sobre la referencia al ser humano que haya podido seguir la evolución del Universo (si es que tuvo alguna "intencionalidad"), ya que siguen preguntas sin resolverse: ¿Cómo fueron posibles los estados de sobrefusión que determinaron las condiciones de desequilibrio y la edificación de la Pirámide de la Complejidad? ¿Por qué el Universo "escogió" los nuevos estados de equilibrio que justamente iban a dar como resultado la aparición del ser humano, que se iba a preguntar sobre los orígenes de su existencia? ¿Casualidad? ¿Azar? ¿Ningún plan preconcebido en el Universo primitivo?

Es en este punto donde las Ciencias Naturales se acercan a una actividad más bien propia de las Ciencias Sociales y Humanas y de la Filosofía.

Las Ciencias Naturales empiezan a incorporar el sentido de lo histórico de los fenómenos naturales, sobre todo al considerar fenómenos de gran escala, como el desarrollo del Universo mismo. Al adoptarse esta noción histórica y evolutiva del cosmos, es donde tiene mucho sentido e importancia el planteamiento del físico David Bohm, en el sentido de que el proceso de elaboración del conocimiento debiera liberarse de una actitud fragmentadora de la realidad física, derivada de la creencia científica (convertida en sentido común) de que el Universo está constituido por "ladrillos atómicos", con funcionamiento independiente entre sí y con leyes deterministas de funcionamiento, donde la transformación y la evolución no serían posibles.

Fue a partir del concepto de entropía, a principios del siglo XIX, que se dio este gran cambio epistemológico dentro de la cosmología, ya que en la noción de entropía quedan implicados los conceptos de orden y desorden, que el sociólogo y epistemólogo Edgar Morin ha relativizado en el sentido de que orden no implica necesariamente determinación y que desorden no implica necesariamente azar. En realidad, tales nociones se cumplirían en el sentido de Prigogine, de que un determinado orden puede ser alterado por un evento contingente y singular tal que lo perturbe y genere desorden, desencadenándose reacciones y movimientos al azar que den como resultado un nuevo orden. Por lo tanto, la noción de orden no se asociaría necesariamente a una entidad gobernada por leyes generales, atemporales y locales, o sea, por leyes *deterministas*, sino que sería un orden concreto, particular y transformable a medida que se avance en la flecha del tiempo. De ahí la relativización del concepto de orden.

El concepto de desorden también es relativizable en el cosmos, puesto que cada salto evolutivo está asociado a un gasto de entropía, cuyo cálculo estaría relacionado con el observador. El dilema de Diderot es un ejemplo de esto: para los sujetos humanos, un basural estaría asociado con pérdida irremediable de información y de utilizabilidad; en cambio, no para las hormigas, que le aportarían información en términos de ser un lugar de refugio para éstas, y la utilizarían también como alimento.

Estas concepciones de Morin se ajustan a las concepciones de Prigogine y Reeves: a medida que ha descendido la temperatura del cosmos, se ha puesto en funcionamiento las fuerzas de la naturaleza responsables de las estructuras estables de la materia. Las fuerzas de la naturaleza habían sido inoperantes en la "sopa primordial", hasta que se sucedieron sucesivos fenómenos de sobrefusión (nuclear, electromagnética y gravitacional) en condiciones de desequilibrio físico-químico, asociados a fenómenos

cuyos resultados son imprevisibles o parcialmente previsibles que, por lo tanto, generaron organizaciones novedosas y diversas, dando un paso hacia la edificación de la Pirámide de la Complejidad y modificando las leyes de funcionamiento del sistema-cosmos.

Cada modificación de la lógica de reproducción del sistema-cosmos en cada período de orden relativamente estable (es decir, en cada período que abarca entre un cambio evolutivo y otro), debido a la perturbación del orden debido a reacciones físico-químicas en condiciones de desequilibrio, está asociado a la noción de evento, de Morin. Lo importante de este concepto es que se concibe en los análisis científicos que detrás de los fenómenos hay un componente de imprevisibilidad, es decir, de incertidumbre, que a la vez es una noción difícil de desmentir como parte integrante de la realidad externa: es difícil de probar si la percepción del sujeto acerca de la incertidumbre sería producto de la ignorancia o si realmente ella tiene sentido ontológico (existente en la realidad externa) y es un componente de los fenómenos.

Este argumento trae una importante consecuencia de carácter epistemológico: ya que la incertidumbre comporta incertidumbre acerca de su propia naturaleza, y al seguir siendo la misma un producto de la elaboración de la mente del observador, éste deberá concebirse a sí mismo como una parte del fenómeno que estudia, o, más propiamente hablando, como una parte del resultado de la elaboración del conocimiento que está construyendo. Al trabajar con la incertidumbre, estaría elaborando, a partir del proceso de análisis, una nueva síntesis; es decir, a partir del desorden del conjunto de datos recolectados en el proceso de recolección, un nuevo orden. Se trataría de una elaboración de un "orden implicado", en los términos del físico David Bohm, cuya noción tiene una especial importancia en el campo de las Ciencias Sociales, y en particular la Sociología, que trabajan con una dosis muy elevada de incertidumbre.

Además, Morin plantea que las nociones de orden y desorden, más que concebirlas como sinónimos, se las aborde en calidad de diálogo entre ambas. Para el Universo, Reeves, desde las Ciencias Naturales, ya aplica esta idea al concebir en el sistema-cosmos una competencia o un diálogo entre las fuerzas desorganizadoras y las que promueven la organización: respectivamente, la entropía, asociada al desorden, la uniformidad y la monotonía (térmica y molecular), y la constitución de nuevos órdenes en la edificación de la Pirámide de la Complejidad, que van a su vez orientando al Universo a la diversidad y la novedad en la estructuración de la materia. Podemos afirmar, incluso, que es la entropía la que contribuye a la complejización de la materia cósmica, de tal manera que orden y desorden conviven en un diálogo constante en la Naturaleza. Las fuerzas de la uniformidad y la previsibilidad hacen surgir las fuerzas de la diversidad y la creación.

Sin embargo, Morin advierte que la Sociología ha tendido a abandonar las ideas de evento a favor de una visión causalista y lineal de los fenómenos sociales, abandonando, por lo tanto, una de las características más acusadas de ellos: el elemento de imprevisibilidad, de incertidumbre, de transformación. Esto último es lo que rescata el sociólogo mexicano Hugo Zemelman.

Zemelman es uno de los intelectuales que más recoge, dentro de las Ciencias Sociales, la elaboración del conocimiento social en torno a la idea de la potencialidad. Es decir, al construir conocimiento social, debiéramos concebir los fenómenos sociales no solamente considerando cómo se desarrollan en un momento presente determinado (o "recorte del tiempo"; asociable a la idea de Morin de "sincronía evenencial"), sino

también elaborando escenarios futuros posibles (potenciales) dentro de un rango dado, a partir de las condiciones que pudieran orientar a los procesos sociales en una dirección u otra.

En pocas palabras: el observador podría abordar los procesos sociales estableciendo un diálogo entre lo dado y lo potencial, entre las condiciones presentes y los posibles escenarios futuros. Esta noción es traducible a la de Morin, en términos de que "lo dado" es asociado a un orden particular relativamente estable, en un estadio definido de la evolución y respondiendo a la conservación de un mismo tipo de reproducción sistémica; y "lo potencial" estaría asociado al desorden, la contingencia que transforma la lógica sistémica de reproducción, vale decir, el evento, que generaría un nuevo orden. Y dentro del mundo de los procesos sociales habría varios tipos de orden particular que serían posibles de concebir en un escenario futuro; habría varios órdenes potenciales.

Sin embargo, tratando con fenómenos sociales, la elaboración de tales órdenes sociales potenciales no debieran, según propone Zemelman, excluir la participación del investigador en el mismo proceso social que estudia. Todo lo contrario: la elaboración del futuro social involucra al mismo sujeto que la realiza. Y si, rescatando a Morin, la elaboración de escenarios futuros potenciales a partir de condiciones presentes determinadas comporta elevadas dosis de incertidumbre, el observador no puede desligarse de su propia participación en el "objeto de estudio", puesto que los procesos sociales se orientarán hacia una determinada dirección según la elaboración que haya propuesto el investigador y los demás sujetos sociales que estén involucrados en esa tarea.

Tanto en las Ciencias Naturales como en las Ciencias Sociales, pero sobre todo en este último ámbito, debido al componente de incertidumbre que contendría todo fenómeno natural o social, el científico debiera abrirse a la posibilidad de equivocarse. El error sería, más que un obstáculo al desarrollo de la Ciencia, una ayuda para el mismo. Las nociones de verdad y error no serían antónimos, sino más bien dos caras de una misma medalla que pudieran entrar en diálogo, tal como las ideas de orden y desorden. Abrir la mente hacia la posibilidad del error y hacerlo dialogar con la "verdad", abriría a los científicos también a la novedad, a la evolución y a las transformaciones, tanto intencionadas —los fenómenos sociales— como no intencionadas —los fenómenos naturales.

Si tal transformación de enfoque científico ocurre y se generaliza, las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales abrán dado un gran paso hacia un acercamiento epistemológico impensable en los tiempos de la antigua Grecia, cuando se separaron Historia y Matemática, y en los Tiempos Modernos, cuando las Ciencias Naturales relegaron la temporalidad y la historicidad hacia el campo de las Ciencias Sociales.

BIBLIOGRAFÍA

- BOHM, David, *La Totalidad y el Orden Implicado*, Ed. Kairos, Barcelona, España, s/f.
- BOURDIEU, Pierre, *Cuestiones de Sociología*, Ediciones Istmo S.A., España, 2000.
- BUECHE, Frederick J., *Física General*, Mc Graw-Hill, 3ª Edición en Español, México, 1989.
- DESCARTES, René, *Discurso del Método*, Ediciones Altaya S.A., Buenos Aires, 1993.
- ESTRELLA, Jorge, *El Universo Hoy*, Ed. Universitaria, Santiago de Chile, 1999.
- FEYNMAN, Richard, *El Carácter de las Leyes Físicas*, Ed. Universitaria, 1ª Edición, Santiago de Chile, 1973.
- FROMM, Erich, *El Miedo a la Libertad*, Ed. Paidós, Buenos Aires, Argentina, 1991.
- HARNECKER, Marta, *Los Conceptos Elementales del Materialismo Histórico*, Siglo XXI Editores S.A., 7ª Edición, Santiago de Chile, 1971.
- HAWKING, Stephen, *Historia del Tiempo. Del Big Bang a los Agujeros Negros*, Grijalbo S.A., Barcelona, España, 1988.
- MORIN, Edgar, *Ciencia con Consciencia*, Ed. Anthropos, España, 1984.
- ORTEGA Y GASSET, José, *La Rebelión de las Masas*, Ediciones Altaya, Barcelona, España, 1996.
- PAPP, Desiderio, *Historia de las Ciencias. Desde la Antigüedad hasta Nuestros Días*, Ed. Andrés Bello, Santiago de Chile, 1996.
- PAPP, Desiderio y ESTRELLA, Jorge, *Teorías sobre la Vida*, Ediciones Pedagógicas Chilenas S.A., Chile, 1989.
- PRIGOGINE, Ilya, *El Fin de las Certidumbres*, Ed. Andrés Bello, 4ª Edición, Santiago de Chile, 1996.
- PRIGOGINE, Ilya, *La Nueva Alianza*, Alianza Editorial, Madrid, España, 1990.
- REEVES, Hubert, *El Sentido del Universo. ¿Tiene sentido la vida?* Emecé Editores S.A., Buenos Aires, Argentina, 1989.
- REEVES, Hubert, *Hacia el Primer Segundo. Últimas Noticias del Cosmos / 2*, Ed. Andrés Bello, Santiago de Chile, 1998.
- REEVES, Hubert, *Últimas Noticias del Cosmos. Hacia el Primer Segundo / 1*, Ed. Andrés Bello, Santiago de Chile, 1996.
- REYES, José Luis, *Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. En Busca del Sentido*, Revista de Filosofía, Vol. LVIII, U. de Chile, 2002.

- SPIRE, Arnaud, *El Pensamiento de Prigogine*, Editorial Andrés Bello, Santiago, 2000.
- TOULMIN, Stephen y GOODFIELD, June, *El Descubrimiento del Tiempo*, Editorial Paidós, Barcelona, 1990.
- ZEMELMAN, Hugo, *Los horizontes de la Razón*, Tomo I, Ed. Anthropos, Barcelona, España, 1992.

Artículos periodísticos:

- COVENEY, Peter y HIGHFIELD, Roger, *La Flecha del Tiempo. ¡Esto es un auténtico caos!*, en *Revista Muy Interesante*, Nº 59, Editorial Lord Cochrane S.A., Santiago de Chile, Junio de 1992.
- HOMEDES, Marc, *Deschavetados. Venezuela y los peligros del referéndum para sacar a Chávez*, en *La Nación Domingo*, 12 de junio de 2004.
- LEMOINE, Maurice, *Laboratorios de la mentira. Quintacolumnismo en las portadas venezolanas*, en *Le Monde Diplomatique*, Edición chilena, Nº 22, Agosto 2002.
- VIDAL, Juan Ramón, *Grandes Descubrimientos Subatómicos. El Increíble Mundo Menguante*, en *Revista Muy Interesante*, Nº 90, Editorial Lord Cochrane S.A., Santiago de Chile, Enero de 1995.

Artículos periodísticos en versión electrónica (red Internet):

- BRUSCHTEIN, Luis, *La realidad está entre dos versiones extremas*, en *Página/12*, Argentina, 12 de abril de 2002. Dirección: <http://www.pagina12web.com.ar/diario/elmundo/subnotas/3925-2015-2002-4-12.html>
- GRANOVSKY, Martín, *El barrio se puso complicado*, en *Página/12*, Argentina, 12 de abril de 2002. Dirección: <http://www.pagina12web.com.ar/diario/elmundo/subnotas/3925-2017-2002-4-12.html>
- NORTH, David, *La crisis del capitalismo americano y la guerra contra Irak*, en *Revista Globalización*, Marzo 2003. Dirección: <http://rcci.net/globalizacion/2003/fq.331.htm>
- TERRAGNO, Rodolfo H., *El sitiador sitiado*, en *Página/12*, Argentina, 12 de abril de 2002. Dirección: <http://www.pagina12web.com.ar/diario/elmundo/subnotas/3925-2016-2002-4-12.html>
- URIARTE, Claudio, *Anatomía de un suicidio*, en *Página/12*, Argentina, 12 de abril de 2002. Dirección: <http://www.pagina12web.com.ar/diario/elmundo/subnotas/3925-2014-2002-4-12.html>

- WALLERSTEIN, Immanuel, *¿Conmoción y pavor?*, en *La Jornada*, México, 19 de abril de 2003. Dirección: <http://www.jornada.unam.mx/2003/abr03/030419/008a1mun.php?origen=opinion.html>



Información disponible en el sitio ARCHIVO CHILE, Web del Centro Estudios “Miguel Enríquez”, CEME:
<http://www.archivochile.com>

Si tienes documentación o información relacionada con este tema u otros del sitio, agradecemos la envíes para publicarla. (Documentos, testimonios, discursos, declaraciones, tesis, relatos caídos, información prensa, actividades de organizaciones sociales, fotos, afiches, grabaciones, etc.)

Envía a: archivochileceme@yahoo.com

NOTA: El portal del CEME es un archivo histórico, social y político básicamente de Chile y secundariamente de América Latina. No persigue ningún fin de lucro. La versión electrónica de documentos se provee únicamente con fines de información y preferentemente educativo culturales. Cualquier reproducción destinada a otros fines deberá obtener los permisos que correspondan, porque los documentos incluidos en el portal son de propiedad intelectual de sus autores o editores. Los contenidos de cada fuente, son de responsabilidad de sus respectivos autores, a quienes agradecemos poder publicar su trabajo. Deseamos que los contenidos y datos de documentos o autores, se presenten de la manera más correcta posible. Por ello, si detectas algún error en la información que facilitamos, no dudes en hacernos llegar tu [sugerencia / errata](#)..

© CEME web productions 2003 -2007