

## 7.2 ¿Existe el Azar?

### 7.2.1 Introducción.

El *Diccionario de la Real Academia* define '*azar*' como: "Casualidad, caso fortuito"; "desgracia imprevista". Respecto a '*caso fortuito*' indica: "Suceso por lo común dañoso, que acontece por azar, sin poder imputar a nadie su origen". Para '*fortuito*' indica: "Que sucede inopinada y casualmente". Para '*inopinado*': "Que sucede sin haber pensado en ello, o sin esperarlo". Y, para '*casualidad*': "Combinación de circunstancias que no se pueden prever ni evitar". Así, por medio de la casualidad, cualquier combinación de circunstancias que no se puedan prever o evitar, puede denominarse que es un suceso azaroso o fortuito. ¿Existen estos sucesos en la naturaleza? En este apartado trata de responder a esta pregunta.

José Ferrater Mora, en su *Diccionario de Filosofía*, cuando habla de los orígenes del azar, expone que según algunos autores antiguos, como Aristoteles o Cicerón, Demócrito (c. 460 – c. 370 a. C.) ya había mantenido que la formación del cielo y de la tierra tuvo lugar por un azar, con lo que la idea filosófica de azar puede remontarse a los presocráticos. Algunos consideran que Demócrito se refería a una "*necesidad ciega*" mientras que otros interpretan la noción demócrita de azar con la "*ausencia de causa definida*". Para Aristoteles, el azar es algo que tiene lugar en "las cosas terrestres" y, especialmente, en los acontecimientos humanos. Parece que Aristoteles proporcionó el primer análisis detallado del concepto de azar. Tras examinar los cuatro diferentes tipos de causas (material, formal, eficiente y final), se pregunta si existe otro tipo. Para Aristoteles parece haber otros dos tipos: el *azar* y la *suerte* o *fortuna*. Para él, tanto el azar como la suerte son causas "reales", si bien expresan un tipo de causalidad por accidente (*causa per accidens*). El que sea accidental excluye que sea necesario, pero no implica que sea absurdo o inexplicable. Cierta número de autores antiguos trataron la cuestión de azar como idéntica a la del *destino*. Desde el punto de vista aristotélico, los conceptos de azar, suerte y fortuna son distintos del destino: los primeros describen acontecimientos contingentes; el último, acontecimientos supuestamente determinados. El destino será la "suerte" que le toque a cada cual. (FERRATER MORA, 1994)

Ferrater Mora indica como estos temas fueron también tratados por Platón y los órficos, donde la suerte o fortuna aparece a veces ligada a la “oportunidad”. En la Edad Media la expresión *casus vel fortuna* – “o causa por accidente de algo que ocurre excepcionalmente” – se contraponen a *natura* – “lo que acontece siempre o casi siempre”–. También indica que Simón de Tournai, a finales del siglo XII, opuso la *potencia casus* (contingencia) a la *potentia natura*. La primera es “casual” e “imprevista”, o “involuntaria”, a diferencia de la segunda, que es “causal” y “prevista”. También indica como Alberto magno y Santo Tomás de Aquino emplearon las expresiones *casus* y *fortuna*. Parece ser que santo Tomás trató en detalle estas cuestiones en varios escritos muy importantes al respecto. (FERRATER MORA, 1994)

El problema del azar fue ampliamente tratado durante el renacimiento, entre otros por Marsilio Ficino, abriéndose paso una nueva identificación de los conceptos de “suerte” o “fortuna” y “destino”. En la medida en que dominó, durante la época moderna, la idea de un encadenamiento casual estricto (al menos en los procesos naturales), los filósofos modernos mostraron escasa inclinación en el tema. Más a partir del siglo XIX se incrementaron los análisis sobre el concepto del azar. Según Ferrater Mora, han aparecido diferentes opiniones al respecto: (1) Hay azar en toda la realidad, ya sea la natural como la social o histórica; (2) No hay azar en la Naturaleza, pero lo hay en la historia; (3) El azar no existe más que como un concepto; se mantiene que hay azar sólo porque se desconocen algunos elementos en el encadenamiento de todos los fenómenos. (FERRATER MORA, 1994)

Ferrater Mora menciona, entre los que defienden la teoría de que hay realmente azar, a Peirce, Cournot, Boutroux, Émile Borel y François Meyer. Según Peirce, el azar (chance) es un principio real. Según Cournot, hay dos tipos de series causales: las solidarias –que expresan orden – y las independientes entre sí –que expresan azar –. Boutroux trata el problema del azar en relación estrecha con la contingencia. Según Borel, cuánto más particular es una realidad, tanto más azarosa es. El azar puede tratarse con leyes estadísticas que tienden a convertirse, pero sin jamás lograrlo, en “leyes absolutas”. Borel indica que las leyes deterministas expresan “el estado más probable”. Para F. Meyer, el universo en estado corpuscular, que obedece a leyes estadísticas de la mecánica cuántica, representa “el estado de menor probabilidad”; el universo “formado” representa “el estado de mayor probabilidad”. (FERRATER MORA, 1994)

Para Bergson, la idea de azar oscila entre la idea de causa eficiente y la de causa final sin detenerse en ninguna de las dos: azar e intención son dos aspectos de una misma realidad, ambos opuestos a lo mecánico. (FERRATER MORA, 1994)

Ferrater Mora indica que la noción de azar a ocupado a muchos filósofos y científicos. Se ha hablado de la noción de azar en relación con la noción de probabilidad, pero parece que no es seguro que las dos nociones tengan el mismo sentido, ni siquiera cuando se habla de “grados de azar” en conexión con “grados de probabilidad”. Jacques Monod ha tratado el azar con estrecha relación con la teleonomía. La multiplicidad de significados de “azar” lleva a hacer una de estas dos cosas: distinguir entre las acepciones de “azar”, o tratar de proporcionar una definición formal de “azar”. Según Ferrater Mora, lo primero ha sido propuesto por D. Sztejnburg, el cual indica que hay cuatro grupos de significación del término “azar”: (1) Significaciones relacionadas con el concepto de causa o ley natural; (2) Significaciones definidas en función del concepto de probabilidad estadística; (3) Significaciones que oponen el azar a la finalidad; (4) Significaciones que oponen lo fortuito a lo “esencial”. En cuanto a lo segundo, indica que ha sido llevado a cabo por matemáticos, especialmente por A. N. Kolmogorov y Gregory J. Chaitin. Este último presenta una definición de “azar” en términos de la teoría de la información, pudiéndose decir que, en general, una serie es completamente azarosa cuando no puede ser “comprimida” en un algoritmo generador de la serie. Una serie “comprimible” mediante un algoritmo no es azarosa. Ferrater Mora, como es habitual en su libro, da una lista muy detallada de autores y referencias que tratan el tema del azar. (FERRATER MORA, 1994)

Con lo expuesto anteriormente sobre el azar, tomado de la obra de Ferrater Mora, se demuestra que este tema ha sido tratado por grandes pensadores desde los orígenes del pensamiento occidental, al menos desde el siglo V a. C. y, de alguna forma, parece que puede concluirse que el tema del “azar” sigue, a principios del siglo XXI, estando abierto. El tema del azar es un tema abierto durante más de veintiséis siglos, y obviamente, esta tesis no pretende cerrarlo, no obstante, intentará dar la máxima luz posible sobre el tema.

Así, con lo indicado, no parece lógico pensar que existe una prueba totalmente concluyente de su existencia, más aún, sabiendo que el propio azar no tiene un comportamiento “lógico”. Si algo le caracteriza es su comportamiento extraño e imprevisible. En cierta medida se escapa a los sentidos y a la razón. La razón y la lógica parecen llevar a su inexistencia. Algunos adjetivos empleados para calificarlo son: accidental, imprevisto, fortuito, impredecible, indeterminado y aleatorio. Estas palabras son, por un lado, similares, pero, por otro, cada una de ellas le da un matiz propio y diferente, siendo el azar, por tanto, la totalidad de todos ellos. Una definición completa del azar debería contemplarlas a todas. Su comportamiento indefinible y altamente complejo dificultan la demostración de su existencia.

La discusión sobre el sentido del azar en la naturaleza es muy antigua. Prueba de ello son las palabras de Anaxágoras: **“Al principio era el caos, luego vino la inteligencia y lo ordenó todo”**. No parece que pueda llegarse a demostrar cual es el nivel de azar en la naturaleza. Existe un elevado número de pensadores y científicos que consideran que el azar si existe y, por lo tanto, tiene una papel muy importante en la naturaleza. El azar ha jugado un papel muy importante en muchas teorías científicas y corrientes de pensamiento, especialmente durante el siglo XX. En este apartado 7.2 ya se han introducido algunas ideas sobre el tema, no obstante, más adelante se hablará de muchas de ellas, al menos de las más significativas actualmente. El presente apartado intenta poder llegar a dar un cierto grado de duda razonable sobre la que parece una “verdad absoluta”: **“El azar no existe”**.

En el presente apartado se intenta demostrar que: **“Sí. Sí que existe algo de azar en la naturaleza”**, aunque quizás, para algunos, “sea poco”. Una vez se haya intentado demostrar esto, el llegar a poder determinar cuál es el grado de azar existente en la naturaleza es una reto extremadamente difícil de alcanzar y que está fuera de los objetivos de la presente tesis. Se intentará demostrar que, de alguna forma, todo azar es creador. No parece que pueda ser de otra forma, dado que todo lo que sucede de una forma inesperada es, al mismo tiempo, novedosa. El azar puede que aparentemente vaya en contra de algo deseado, pero esta adversidad no evita que su aparición sea creadora. De hecho, en muchos casos, el tiempo demuestra que una situación inicialmente considerada desafortunada, puede acabar convirtiéndose en afortunada. Con lo que esa aparente desgracia parecía ser un paso para llegar a la posterior fortuna.

Para la demostración planteada quizás sea suficiente emplear “*la ley del tercio excluso*”. Esta ley afirma que la negación de la negación de un enunciado es equivalente a la afirmación de dicho enunciado. Es la base del método “*reductio ad absurdum*”<sup>1</sup>. Con esta premisa, la proposición planteada es: “**no es cierto que no exista el azar**”. La aplicación de esta ley a la proposición planteada implica que es suficiente con encontrar un *único* caso en el que la proposición es cierta para concluir que existe el azar. En términos ordinarios para el “sentido común”, la ley de tercio excluso se considera una verdad autoevidente. (PENROSE, 1991)

Como ejemplo, puede indicarse la proposición: “no es verdad que la tierra no gira alrededor del sol”. Supóngase que se acepta la afirmación de que *si* es verdad “que no gira alrededor del sol”, tal como era la creencia hasta Copérnico. Si se hace una observación y se obtiene el resultado contrario, o sea, que no es verdad la afirmación indicada, como conclusión puede indicarse “que *si* gira alrededor del sol”, teoría heliocentrista todavía vigente. En el caso indicado, la proposición es “no es verdad que algo (el azar, por ejemplo) no exista”. Supóngase que se acepta que *si* es verdad “que ese algo no existe”. Si se observa un solo caso en el que *no* es verdad “que ese algo no existe”, o sea, “en algún momento se le ha podido ver”, se puede concluir que “ese algo si existe”.

---

<sup>1</sup> El *reductio ad absurdum* es el procedimiento matemático familiar –y potente–, en el que se supone primero que lo que se trata de demostrar es falso; si de ello se deriva una contradicción, queda establecido que el resultado deseado es realmente verdadero. (PENROSE, 1991, pág 92)

## 7.2.2 El Azar y la Evolución: La evolución contingente.

Una de las teorías científicas que más repercusiones ha tenido en las corrientes de pensamiento del siglo XX ha sido la Teoría de la Evolución. Cuando en 1859 Charles R. Darwin (1809-1882) expuso, en *El Origen de las especies*, su teoría de la evolución mediante selección natural, se enfrentó a una serie de paradigmas totalmente establecidos en aquella época.

David Young, en *El Descubrimiento de la Evolución*, describe los cambios seguidos por la teoría de la evolución. Ésta rebatía el origen divino del *Génesis*. Este conflicto, entre creación y evolución, era parte de un conflicto más general entre ciencia y religión. Antes del siglo XIX éstas convivían en armonía y apoyo mutuo. El concepto de orden creado era el fundamento del mundo racional. Jean B. Lamarck (1744-1829), quien llamó *Biología* a la emergente ciencia de la vida, indicó, en *Filosofía Zoológica*, que alteraciones del ambiente conducen a alteraciones en la “actividad, esfuerzos o costumbres” del animal: *adaptaciones*. Las costumbres alteradas producen cambios heredables por la descendencia, la ‘*herencia de los caracteres adquiridos*’. Lamarck dudaba de la extinción de las especies y defendía la idea de evolución. Para Cuvier (1769-1832) las extinciones eran causadas por desastres naturales. Estaba dispuesto a admitir el diluvio del *Génesis*. Los que creían en un plan común (Cuvier) estaban enfrentados con los que creían que la vida es una secuencia de cambios progresivos (Lamarck). Lyell (1797-1875), en *Principios de Geología*, demostró que los cambios biológicos y geológicos ocurrían por procesos lentos y graduales. Decía que había “muchos prejuicios contra los que los primeros geólogos tenían que luchar”. Separó la Geología del *Génesis*. Las especies extintas eran reemplazadas por otras mejor adaptadas; era “parte del curso constante y regular de la naturaleza”. (YOUNG, 1998)

En esta situación estaba la cuestión cuando apareció Darwin. Entre 1831 y 1836 estuvo embarcado en el *Beagle*. Si el cambio gradual de Lyell era válido, entonces ¿cómo aparecían las nuevas especies? Darwin en “la transmutación de las especies” mostró que las especies evolucionan de otras preexistentes. Las especies se transforman unas en otras, pero el problema era cómo se modificaban para adaptarse a las nuevas condiciones.

Darwin observó que los criadores de animales escogen las pequeñas variaciones apropiadas que ocasionalmente se presentan. Le llamó la atención un comentario de Malthus, en *Ensayo sobre el Principio de la Población*: la población humana “en ausencia de control, se duplica por sí misma cada veinticinco años, o aumenta en progresión geométrica”. Darwin vio que cualquier variación que concediera a un individuo alguna ventaja tendería a ser preservada. Al descubrir una causa de cambio adaptativo, desarrolló la teoría de la evolución. Explicaba cómo la lucha por la existencia es en la naturaleza la fuerza equivalente a la del criador doméstico.

Darwin había mostrado que la selección natural podría ser una causa del cambio evolutivo y de la adaptación. Para Darwin la selección natural juega un papel creativo en la evolución. Para producir nuevos tipos de organismos sólo se necesitaban variaciones, abundantes y en todas direcciones. Las variaciones no son ni favorables ni desfavorables en sí mismas; su cualidad sólo se revela en la lucha por la supervivencia. Darwin no aceptaba el teleologismo: la evolución carece de sentido. Según Darwin:

“Ciertamente es verdad que nunca o rara vez se presentan en un ser cualquiera órganos nuevos que parezcan como creados para un fin especial, según enseña en realidad el antiguo y algo exagerado precepto de historia natural *de Natura non facit saltum*. (...) Según la teoría de la selección natural, podemos comprender claramente por qué no lo hace, pues la selección natural obra solamente aprovechando pequeñas variaciones sucesivas; no puede dar nunca un salto grande y repentino, sino que ha de avanzar por pasos cortos y seguros, aunque lentos.” (DARWIN, 2002, pág. 198-199)

Tras investigar las células, Bateson (1861-1926) estudió la esencia de la evolución: la *variación*. Mostró dos tipos: la variación “continua” y la “discontinua”. Según él, Darwin se apoyaba en la continua. Bateson consideró la variación discontinua la piedra angular de la evolución. Para De Vries (1848-1935) los atributos de una especie podían separarse en caracteres unitarios, causados por un único factor hereditario. Bateson denominó “*genética*” a la ciencia de la herencia. De Vries expone, en *La Teoría de la Mutación* (1903), cómo las nuevas especies surgen por *mutación*: la aparición repentina de alguna variación nueva y discontinua. Distinguió entre las mutaciones heredables y las “fluctuaciones” causadas por el ambiente. Consideró la mutación, productora de discontinuidades genéticas nuevas (*mutacionismo*), como la causante de todos los cambios significativos, arrinconando a la adaptación y la selección natural.

Johannsen (1857-1927) llamó “*gen*” (“*genotipo*”/“*fenotipo*”) a la unidad hereditaria. La variación debida al medio no era heredable, sólo lo era la debida al genotipo (*genética de poblaciones*). La selección depende de la mutación pues proporciona nuevo material genético; “alteración, pérdida o ganancia de constituyentes del genotipo”.

Varias investigaciones, como las que llevaron a la *teoría sintética*, y el descubrimiento del ADN (Watson y Crick, 1953) dejaron claro como se genera la variación natural: *Errores* de copia producen *alteraciones* en los genes. Según Young: “Un organismo podía ser considerado ahora como un sistema complejo, cuyo desarrollo está controlado por un programa genético incluido en sus moléculas de ADN. Cuando el ADN se replica en el interior de la célula, de vez en cuando se cometen errores en el proceso de copiado. Cada error en la copia es una mutación, la cual da como resultado una alteración en el programa genético (el genotipo). El efecto de dicha alteración en una célula germinal se hace visible cuando el programa es descifrado durante el desarrollo para dar una estructura corporal concreta (el fenotipo). El organismo que se produce a partir del programa genético alterado tiene que vivir en su ambiente natural, y es entonces cuando la selección natural entra en juego.” (YOUNG, 1998)

Young indica que, tras la unión de la antigua teoría sintética a la *genética molecular* apareció una *nueva teoría sintética*, la cual parte de los siguientes presupuestos:

- a) Las interacciones entre organismo y entorno varían geográfica e históricamente.
- b) Existe una continuidad de la herencia (y de la tradición cultural).
- c) Las regularidades se alteran esporádicamente y al azar.

Los procesos básicos son: la *mutación*, la *recombinación genética* y la *selección natural*. Existen discrepancias en el grado de importancia de cada uno de ellos, pero, independientemente de la “cantidad de azar”, no hay duda de que el azar interviene en los mecanismos de la evolución. (YOUNG, 1998)

Grasa, en *El evolucionismo: de Darwin a la Sociobiología*, añade nuevas teorías evolutivas: las *estocásticas*, que consideran que la evolución es un proceso guiado únicamente por el azar; y las teorías neolamarckianas, donde la evolución es un proceso de cambio orientado y progresivo. (GRASA, 1986)



La **sociobiología** estudia las bases biológicas del comportamiento social. Parte de la selección natural y la eficacia inclusiva (**aptitud genética**), consistente en dejar el máximo número de descendientes. Trata las relaciones entre: **sociedad**, **personas** y **genes**. Según Grasa: “la fuente de todo comportamiento sería la tendencia de cada individuo a difundir sus propios genes, vía reproducción, y favoreciendo la difusión de los genes de sus parientes (que en parte coinciden con los suyos), lo que favorece a su vez la difusión de parte de los del individuo en cuestión”. (GRASA, 1986)

Así entra en juego el concepto de **estrategia evolutivamente estable**. Una estrategia que si es adoptada por la mayoría de la población impide la entrada de cualquier estrategia mutante. Justifica al comportamiento humano (envidia, altruismo, sentimiento de culpa, gratitud, simpatía) como habilidades necesarias para engañar y detectar engaños. El ser humano no es un **autómata genético**; la transmisión cultural de conductas tiene un papel muy relevante. Lo sustantivo del ser humano no son los genes, sino los **memes**, los reduplicadores culturales. Es la postura menos determinista de la sociobiología, pues afirma que **la naturaleza humana es la cultura**. Esta tesis fue iniciada por R. Dawkins en **El gen egoísta** y seguida por Susan Blackmore en **El Poder de los memes**. Wilson y Lumsden sostienen, en **Genes, mind and culture**<sup>1</sup>, que existe **coevolución**, una relación entre evolución genética y cultural. Las unidades básicas de la cultura (**culturgen**) y de la evolución orgánica se interrelacionan. La coevolución produce cambios mutuos en las frecuencias génicas y los culturgenes. (GRASA, 1986)

Según Dawkins, la transmisión cultural es semejante a la genética. El **meme**, unidad de imitación, pasa entre cerebros mediante copia o imitación. Los genes tienen tres rasgos: longevidad, fecundidad y fidelidad de la copia. En los memes el rasgo fundamental es la fecundidad. La fidelidad de la copia no es posible; lo altera la transmisión cultural. Los memes no tienen conciencia ni intención. Cada gen compite con sus alelos; los memes compiten entre sí para lograr un espacio en el cerebro, o incluso en los medios de comunicación, libros, bibliotecas, hábitos, productos... Los memes y los genes pueden entrar en contradicción, si bien se refuerzan mutuamente. Según Dawkins: “Somos contruidos como máquinas de genes y educados como máquina de memes, pero tenemos el poder de rebelarnos contra nuestros creadores.” (DAWKINS, pág. 293)

---

<sup>1</sup> Wilson, E; Lumsden Ch. (1981) **Genes, Mind and Culture**. Harvard UP

No puede hablarse de una sola disciplina evolutiva, ni de una “teoría” única de la evolución. Puede considerarse que existe una **ciencia de la evolución** basada en la teoría darwiniana de la evolución. Existen diferentes teorías pero hay factores comunes a todas ellas, tales como, el propio organismo, el ambiente, la variación genética y el azar.

En la traducción española del libro de Ervin Laszlo, ***Evolución, la gran síntesis***, en el prólogo, Federico Mayor Zaragoza recuerda las palabras de Heráclito de Éfeso (540-480 a. de C.): **“Todo fluye”**. La emplea para recordar la idea de Laszlo: “La vida es un fluir constante. La vida es como un río (...) Porque este discurrir permanente, que excluye todo determinismo, conduce a la unicidad de los seres vivos. Tal es la diversidad, en constante variación, que cada ser es único y, a su vez, es distinto a como era en el momento precedente”. La naturaleza evoluciona, es decir, posee infinita capacidad de crear, de cambiar perpetuamente, de mutar, de adquirir formas a lo largo del tiempo. Recuerda que no hay dos personas con huellas dactilares iguales. Puede añadirse: ¿no serán también diferentes sus cerebros? Continúa diciendo que el hombre es capaz de reflexionar sobre su circunstancia, de ensimismarse, de imaginar, de crear. Es capaz de toda desmesura. Es irrepetible e imprevisible. Dice: “La evolución, el constante fluir, confiere la unicidad, la presentación de alternativas y, en el caso de la condición humana, la posibilidad de propiciar unas opciones en detrimento de otras. La dinámica de los sistemas alejados de la situación de equilibrio, en los que son más frecuentes las sucesivas bifurcaciones, se adapta perfectamente a la sociedad del mundo contemporáneo que se caracteriza, a grandes rasgos, por una globalidad, complejidad y aceleración crecientes”. Recuerda a Prigogine: “(...) la racionalidad ya no debe seguir identificándose con certeza, ni la probabilidad con ignorancia. A todos los niveles, la probabilidad juega un papel esencial en los mecanismos evolutivos”<sup>1</sup> (LASZLO, 1988)

Laszlo, en ***Evolución, la gran síntesis***, indica que la evolución se limita a las especies biológicas. Indica que otras cosas del cosmos no fueron creadas tal como son, sino que llegaron a existir con el paso del tiempo; han tenido que evolucionar. Para los físicos, el universo ha seguido una **evolución cósmica**. Para los sociólogos, la sociedad moderna es una evolución de formas anteriores de organización entre hombres.

---

<sup>1</sup> Ilya Prigogine, en ***Dialogue with Nature***, Bantam Books Inc., Nueva York, 1983.

El ser humano, las especies biológicas en general, el cosmos, la sociedad moderna: todo ha evolucionado. Laszlo pregunta si estas “evoluciones” son totalmente independientes o tienen alguna relación. La evolución es un proceso que no ha llegado a su fin. Nada ni nadie se halla exento de ulterior evolución. El futuro se decide en la interacción entre la cosa o ser que evoluciona y su medio. El medio nunca es el mismo durante mucho tiempo, por lo tanto, toda cosa o ser está expuesto a sorpresas.

Las pruebas científicas de pautas generales señaladas por la evolución aumentan en el campo físico, de los seres vivos y de la historia. El estudio de estas regularidades permite llegar a una “*síntesis general de la evolución*” que unifica las diferentes evoluciones. Esta lleva a una nueva visión de la naturaleza: el *paradigma evolucionista*, que estudia los sistemas abiertos alejados del equilibrio, más complejos y dinámicos. Esta “*visión evolucionista*” se basa en el conjunto de conceptos que definen el conjunto interdisciplinario del cambio, la persistencia y la transformación de los sistemas.

La termodinámica clásica y la biología darwiniana postulan procesos opuestos. La biología señala hacia niveles superiores de organización. La segunda ley de termodinámica afirma que, en cualquier sistema cerrado, tienden a desaparecer los gradientes, para ser sustituidos por la uniformidad, la aleatoriedad y la desorganización.

Jordi Agustí, en *Fósiles, genes y teorías*, indica que Bergson, en su obra *La evolución creadora*, considera la evolución como un proceso indeterminado e imprevisible. Bergson habla de dos tendencias: “hay una realidad que está haciéndose en una realidad que está deshaciéndose”. La tendencia a la repetición y disipación de energía, la tendencia de la “materia”; y la tendencia de la “vida”. La evolución es consecuencia de un impulso básico, un *impulso vital (élan vital)*, que busca nuevas formas de estructura organizada, que almacenan y utilizan energía, manteniendo su capacidad de desarrollo y adaptación hasta que pierden su energía vital. Este *élan vital* introduce indeterminación. Produce formas diversas en sentidos múltiples, imprevisibles y aleatorios. La materia (la necesidad), se opone al *élan vital* y limita su impulso ciego. El impulso vital diversifica la vida en multitud de direcciones imprevisibles, *la evolución creadora*. La obra de Bergson no se aleja de las actuales preocupaciones de los biólogos evolutivos, ya que asume una evolución cuyos resultados responden a procesos aleatorios, al azar. (AGUSTI, 2003) (LASZLO, 1988)

El paradigma evolucionista ha necesitado dos milenios para reafirmarse dentro de la ciencia empírica. Del mismo modo que hicieron falta dos siglos para que la ciencia empírica se emancipase de los dogmas de la Edad Media. Niega los conceptos deterministas de las teorías científicas. Las ciencias evolucionistas son dinámicas; estudian procesos y funciones, no estructuras ni estados; se preocupan de sistemas autoorganizados, no de mecanismos correctivos; tratan estados singulares de equilibrio dinámico en ámbitos de desequilibrio. Los sistemas dinámicos – los “jugadores” en la evolución – no están sometidos a una determinación rigurosa. Como señala Ilya Prigogine, los sistemas dinámicos tienen una “propiedad de divergencia”. Según Laszlo: “La evolución siempre es posibilidad, nunca destino. Su curso es lógico y comprensible, pero no está determinado, y, por tanto, no es previsible.” (LASZLO, 1988)

Los sistemas del mundo real pueden ser de tres tipos de estados: Estados en equilibrio, estados cercanos al equilibrio o estados alejados del equilibrio termodinámico. En el último, o *tercer estado*, son sistemas abiertos, alineales e indeterminados. El cambio de entropía no está determinado únicamente por procesos irreversibles. Los sistemas de los procesos evolutivos son del tercer estado; alejados del equilibrio. Se observa un aumento del nivel organizativo y la existencia de niveles jerárquicos (moléculas, macromoléculas, células, organismos). Prigogine obtuvo una relación entre desequilibrio y autoorganización en 1945. (LASZLO, 1988)

Hay cambio y evolución porque los sistemas dinámicos del *tercer estado* no son estables. Son sensibles a los cambios de los parámetros esenciales que regulan los ciclos energéticos conservadores de estructura. Entran en una fase transitoria caracterizada por la indeterminación, la aleatoriedad, cierto grado de caos y relativa alta entropía. El nuevo estado no lo deciden ni las condiciones iniciales del sistema ni los cambios de valores críticos: actúa indeterminadamente. Por una elección aparentemente aleatoria, se amplía una de las fluctuaciones internas posibles. La fluctuación “nucleada” domina la dinámica del sistema y determina el carácter del nuevo estado. El factor de azar que entra en los procesos de transformación impide predecir la trayectoria evolutiva de los sistemas del tercer estado. La evolución marcha, a través de fases de azar e indeterminación, hacia sucesivos niveles de organización de mayor complejidad. Comprender la dinámica de los sistemas de tercer orden exige nuevos instrumentos teóricos, como la autopoiesis, la teoría del caos, los atractores y bifurcaciones...

Los sistemas en que aparece la vida están demasiado alejados del equilibrio para persistir indefinidamente en el medio. Se mantienen si desarrollan la capacidad de reproducir su estructura. Según Maturana, se llaman sistemas “*autopoiéticos*”, del griego “*autocreativos*”. Tienen altos niveles de organización. Las células, los órganos, los organismos y los grupos de organismos son sistemas autopoiéticos: se renuevan, se recomponen y se reproducen. Un sistema autopoiético es como una red de procesos interrelacionados productores de componentes, en la cual la interacción de estos componentes origina la misma red que los produjo. (LASZLO, 1988)

En la *teoría del caos* los sistemas dinámicos evolucionan según una pauta definida por los atractores del sistema. Los atractores caóticos son estructuras complejas y ordenadas, que limitan la conducta de sistemas aparentemente aleatorios e impredecibles. En los sistemas dinámicos, los cambios de conducta son bifurcaciones de la trayectoria. Cuando se desestabilizan, pasan por una fase caótica, no enteramente aleatoria, que les lleva a estados nuevos e imprevisibles. (LASZLO, 1988)

El que los sistemas de tercer grado evolucionen, a través de transformaciones indeterminadas, hacia ámbitos cada vez más alejados del equilibrio, ofrece los cimientos de una síntesis general de la evolución basada en teorías científicas válidas. Laszlo indica que Prigogine y Géhéniau tratan de reconciliar el concepto de un universo que evoluciona de forma irreversible con las ecuaciones de campo de Einstein. El universo es de *naturaleza autocreadora*, donde la evolución, como creación irreversible, se convierte en una característica fundamental. Según Laszlo se han observado bifurcaciones en una gran variedad de situaciones: en las sociedades humanas, en la tecnología y la ciencia, en la evolución de la mente y la cultura... (LASZLO, 1988)

Volviendo a la teoría de la evolución, hay un gran número de biólogos que niegan el factor del azar de la explicación darwiniana. Indican que las mutaciones casuales si podrían explicar las variaciones dentro de una especie determinada, pero no las sucesivas variaciones entre ellas. En 1972 Gould y Eldredge expusieron la teoría de los *equilibrios intermitentes*. La evolución ocurre cuando la población dominante se desestabiliza en su medio y otra especie aparecida casualmente en la periferia se abre camino. Este proceso relativamente súbito es la “*especiación*”: el nacimiento de nuevas especies.

Según Laszlo, una mutación altera al genoma individual, que, a su vez, produce un fenotipo alterado, que cambia de esta manera el genotipo de la especie. Los hallazgos de microbiología sobre el carácter de las mutaciones muestran que hay un elemento de azar, pero también hay pauta y regularidad. La reacción del genoma a las perturbaciones ambientales no puede predecirse en detalle; aún en las teorías microbiológicas más perfeccionadas, el resultado de las mutaciones sigue siendo aleatorio. (LASZLO, 1988)

Laszlo aplica la síntesis general a la *evolución de la ciencia* y a sí misma. La síntesis de la evolución se refiere a sistemas dinámicos de materia-energía; pero las teorías científicas son sistemas conceptuales. Las teorías científicas surgen del diálogo de los científicos entre sí y con la “naturaleza”; son la interacción de sistemas de materia-energía entre sí y con su medio. Desde que Kuhn publicó *La estructura de las revoluciones científicas*, no se discute que la evolución científica sigue pautas determinadas. El concepto de “*revolución*” añade un elemento saltatorio en la evolución científica, pasa a ser alineal. Los “*cambios de paradigma*” alteran y simplifican las teorías fundamentales; pero aumentan la abstracción. Que la evolución científica sea pautada, saltatoria, imprevisible y autosimplificadora, elevando su aparato conceptual a planos superiores de abstracción y generalidad, indica que la evolución de los sistemas interactivos complejos, sea en el mundo de materia-energía o en el conceptual, sigue pautas dinámicas semejantes. En períodos de grandes innovaciones, los atractores se vuelven caóticos y aparecen bifurcaciones, desaparecen los atractores del paradigma saliente y aparecen los del nuevo paradigma. La ciencia es un proceso evolutivo. La teoría se explicaría a sí misma: una ciencia plenamente desarrollada de la evolución describiría también la evolución de la ciencia. (LASZLO, 1988)

Respecto de la *evolución de la mente*, para Laszlo: “El error es el precio que se paga por aprender. Si los sistemas vivientes persistiesen en errores fundamentales, serían eliminados pronto por la selección natural”. El aprendizaje lleva a la aparición de diferencias, creando auténticos individuos. La mente y la cultura coevolucionan con la técnica y la sociedad. Evolucionan como lo hacen los sistemas de tercer estado: hacia mayor complejidad y autonomía en interacción con el medio. (LASZLO, 1988)

Resumiendo, la teoría de la evolución ha pasado por tres visiones. La primera es el “*diseño de mecanismo de relojería*”, o *fijismo*. A finales del siglo XVIII la idea de atribuir las adaptaciones a un diseño divino empezó a abandonarse. Una segunda visión es, la “*evolución programada*”, o *transformismo*, iniciada por Lamarck. La evolución es inevitable y predecible, con sólo pequeñas variaciones. Hay una tendencia de lo viviente a volverse más complejo. El medio crea necesidades que moviliza energía biológica de los organismos, creando o modificando sus órganos, se adaptan. Se caracteriza por *necesidad sin azar*. (GRASA, 1986; YOUNG, 1998)

*El Origen* introduce la tercera visión, la “*evolución contingente*”. Una evolución producto del *azar* y la *necesidad*, de variaciones fortuitas y de selección natural. La evolución es un proceso incierto; depende de la incertidumbre de la variación. Darwin explicó “en la naturaleza cualquier pequeña variación que surja por azar y sea útil a una criatura, es seleccionada o preservada”. Es incierta debido a los múltiples factores influyentes en la supervivencia de un individuo. La selección natural tiene un papel creativo, *crea a los adaptados*. Darwin introduce por primera vez incertidumbre o contingencia en la biología. Que el cambio evolutivo dependa de las circunstancias y no esté determinado, fue una idea mal acogida. Sir John Heschrel la consideró “la ley del desorden”. Esta visión de una evolución contingente está apoyada por los resultados obtenidos por la ciencia desde Darwin. (GRASA, 1986; YOUNG, 1998)

Entre los biólogos se da por hecho que la casualidad del proceso evolutivo proporciona una pista simple y directa sobre el significado esencial del universo. Esta contingencia muestra que los organismos no son diseñados y que el rumbo de la evolución no está planeado en ningún aspecto. Un paso de la interpretación científica a la gran filosofía se hace explícito en *El Significado de la Evolución* publicado por George Simpson en 1949. Escribió “el hombre es el resultado de un proceso sin propósito y materialista que no le tenía en mente”. Y añadió que “el universo, con la excepción del hombre o antes de su llegada al mismo, carece y carecía de cualquier propósito”. Otros biólogos han dicho prácticamente lo mismo. Recientemente la tesis de Simpson ha sido expuesta nuevamente por Stephen J. Gould en *La Vida Maravillosa*, donde utiliza los fósiles cámbricos procedentes de Burgess Shale para ilustrar la contingencia de la evolución.

### 7.2.3 Dando paso al azar

A mediados del siglo XIX, tal como se ha expuesto en el apartado anterior, Darwin propone uno de los mecanismos más importantes de la evolución: la existencia de variaciones al azar, no orientadas, aleatorias, sin dirección adaptativa y una selección que opera sobre esta variación y que transforma la población al asegurar la supervivencia de las variantes ventajosa, más adaptadas al medio. Se encuentran dos mecanismos: el primero, que provoca variaciones fortuitas en los genes, y el segundo, la selección natural, que permite la supervivencia y reproducción de los más adaptados. El primero parece ser aleatorio, mientras que el segundo parece ser determinista.

Dentro de la teoría de la evolución existen dos líneas de pensamiento, una seguida por aquellos que reconocen regularidades que hacen de la evolución un proceso en cierta medida predecible (Simpson, Van Valen, Maynard Smith y el primer Gould) y otra seguida por aquellos que han incidido en el carácter absolutamente aleatorio e impredecible de la evolución (Raup y el último Gould). (AGUSTI, 2003)

A partir de Darwin, parece establecido que uno de los mecanismos que generan cambios en los genes es producido por el azar, lo que no se sabe tan bien es a que se deben los cambios que aparecen en el medio. Así pues, tanto el medio como el individuo cambian, y, parece aceptado, que es la selección natural la que permite que algunos individuos se adapten y sobrevivan y que otros, por el contrario, no lo logren y, consecuentemente, desaparezcan. En un medio constante o inalterable, los cambios genéticos en el individuo quizás no serían tan significativos, siendo en cambio más significativos los cambios aparecidos en el individuo como consecuencia de su experiencia con el medio.

Por lo tanto en un medio e individuo cambiantes, es lógico pensar que existe una gran gama de posibles emparejamientos entre ambos. Esta gama de emparejamientos genera las posibles adaptaciones, ya sean positivas o negativas, no existiendo un emparejamiento óptimo absoluto. Dependen de cada individuo, situación y momento del tiempo. Un emparejamiento adecuado hoy, puede ser inadecuado dentro de miles de años. Los emparejamientos son, pues, relativos, circunstanciales y temporales, por lo tanto transitorios.



Wagensberg, en la conferencia realizada el 30 de Octubre del 2001 en el Ateneu Barcelonès dentro del ciclo *‘La Ciència al carrer’*, expone: “Un individuo vivo es un objeto de este mundo que tiende a conservar la identidad que le es propia, independientemente de las fluctuaciones del resto del mundo (el entorno). Y resulta que el entorno cambia. Adaptación es la capacidad para resistir los cambios típicos de un entorno. Independencia (o adaptabilidad) es la capacidad para resistir cambios nuevos. La adaptación se refiere a la certidumbre del entorno y la adaptabilidad a su incertidumbre. No son la misma cosa. Incluso ocurre que a más de la primera, menos de la segunda.” (WAGENSBERG, 2001)

Un individuo ha tenido “buena suerte” si sus genes son favorables para su supervivencia. Pero esto no es suficiente para garantizar su supervivencia. Sólo establece un punto de partida. El camino lo recorre el individuo, para lo cual deberá intentar buscar constantemente adaptaciones con el entorno adecuadas para sobrevivir, aunque no sean las óptimas. Es la conocida frase “Lo bueno es enemigo de lo óptimo”.

Puede hacerse un símil de cómo puede funcionar este emparejamiento fortuito. Supóngase que una población viene representada por una baraja de cartas españolas. Cada carta indica “un estado potencial del individuo”. El azar, crea individuos “nuevos” como resultado de “mezclar las cartas”. Esta mezcla hace que las cartas se ordenen de una manera aleatoria. El medio viene representado por otra baraja de cartas. El cambio del medio es aleatorio, o sea, se mezclan también las cartas. Se dejan los dos montones de cartas sobre la mesa. Supóngase que se va a estudiar el futuro de una población (cambiante) en un medio (también cambiante). El futuro resulta del emparejamiento de dos cartas, una de cada montón. Un emparejamiento de cartas es óptimo si se obtiene una pareja de reyes del mismo palo, o sea, el individuo se ha adaptado al medio óptimamente y, como resultado, se supone que en la siguiente generación se dobla el número de individuos de la población. Si el emparejamiento de cartas es entre cualesquiera figuras (rey, caballo y/o sota), indiferentemente del palo, se concluye que el individuo se ha adaptado y por lo tanto sobrevive, sin que se altere en este caso el número de individuos de la población. En cualquier otro emparejamiento, puede considerarse que el individuo no se ha adaptado correctamente y, consecuentemente, la población se reduce a la mitad.

Este juego puede iniciarse en una población de, por ejemplo, ocho individuos y puede considerarse que cuando está por debajo de 2, la población desaparece. En este caso, a la pregunta ¿cuántas generaciones sobrevivirá la población?, sólo se puede responder probabilísticamente. Algunas poblaciones afortunadas sobrevivirán siempre, otras desaparecerán a la tercera generación. Este ejemplo no es válido para la interacción real de ser humano con la naturaleza, pues, ni uno ni otro son “naipes”. No son figuras estáticas, rígidas e inflexibles; son dinámicas, tienen una capacidad de “adaptación”.

Wagensberg, en la conferencia mencionada continúa indicando: “La incertidumbre del mundo es su más grande certidumbre. Así que, si hay una pregunta que vale la pena, es ésta: ¿cómo seguir vivo en un entorno incierto? A lo mejor resulta que la clave para comprender la evolución biológica no es el concepto adaptación, sino el de independencia. La idea promete porque la física y la matemática, sus leyes y teoremas, no entienden de adaptaciones, pero sí de independencias”. (WAGENSBERG, 2001)

Wagensberg continúa diciendo que hay tres alternativas: **La independencia pasiva**: El aislamiento total. No hay intercambio de materia, energía e información. Es la peor manera de ser independiente. Por el Segundo Principio de la Termodinámica, el sistema tiende a un único estado posible, el de equilibrio termodinámico: la muerte. Hay muchas maneras de estar vivo, pero sólo una de estar muerto. La vida usa buenas aproximaciones de esta alternativa: la latencia, la hibernación, las semillas, el abrigo... La idea es reducir la actividad y mantener la simplicidad; cruzar los dedos y esperar tiempos mejores. **La independencia activa**: el individuo se abre al mundo para mantener un estado estacionario lejos del equilibrio. Si la incertidumbre del entorno aumenta, se puede mantener la independencia aumentando la capacidad de anticipación del sistema (mejor percepción, mejor conocimiento...) o aumentando la capacidad de influir sobre el entorno, esto es, con más movilidad (cambiar **de** entorno) o con más tecnología (cambiar **el** entorno). Si la independencia activa fracasa y las fluctuaciones del entorno no permiten mantener el estado estacionario, queda la **independencia nueva**. Es la evolución. Es la combinación de individuos preexistentes. Estrategias de prestigio son la reproducción, la simbiosis u otro tipo de asociaciones ... Un aumento de la incertidumbre del entorno requiere un aumento de la complejidad del sistema. Según Wagensberg: “Progresar en un entorno es sencillamente ganar independencia respecto de él”. (WAGENSBERG, 2001)

El azar siempre ha estado al lado de la ciencia, pero, a partir de Darwin aparece una forma distinta de verlo. Hasta ese momento, el azar siempre había sido el lado oscuro de la ciencia; lleno de incertezas, en el que pocos se atrevieron a entrar. La gran mayoría lo ignoraban o consideraban que no existía. A partir de la observación de Darwin el azar cambia su papel de una forma sustancial. Hasta ese momento, se le consideraba un “ruido de fondo”. El azar siempre había amortiguado y desvirtuado el fenómeno observado. Aún son muchas las creencias que especulan que todas las observaciones de la naturaleza presentan algo de este ruido molesto. Éste es el que dificulta la predicción de sucesos futuros. Como todo “ruido”, durante toda la historia de la humanidad, la intención perseguida tanto por los científicos como por los técnicos, ha sido eliminarlo o reducirlo a niveles que no puedan alterar los resultados esperados. Durante muchos siglos el azar se ha considerado algo a eliminar. En esta línea, la ciencia siempre ha creído que tiene dos mecanismos para eliminar o reducir este ruido: por un lado, aumentar el conocimiento, y por otro, controlar el experimento, simplificándolo. Se verá que el azar interviene en la ciencia en mayor medida de lo que puede parecer.

Toda predicción científica tiene un cierto porcentaje de fallo. El porcentaje de acierto se expresa en términos probabilísticos. Las predicciones mejores son las más que tienen mayor probabilidad. Esta probabilidad de acierto se ve muy reducida si el tiempo entre la predicción y la aparición del resultado esperado es muy grande. La flecha del tiempo, tal como sugiere Prigogine, permite la aparición de la indeterminación en las predicciones. Según Hawking, “la mecánica cuántica introduce un elemento inevitable de incapacidad de predicción, una aleatoriedad en la ciencia” (HAWKING, 1992) Esto contradice la idea laplaciana de que todo está perfectamente determinado. La lucha *determinismo versus indeterminismo* ha estado siempre abierta, sobretodo a partir de finales del siglo XIX. Uno de los principales promotores fue el mismo Darwin.

Esta lucha ha estado decantada favoreciendo el determinismo, pero, como consecuencia de los cambios aparecidos, sobretodo en el siglo XX, la ciencia actual está admitiendo la no-existencia de un determinismo absoluto. El azar está volviendo a tomar un cierto protagonismo. El azar primogénito, el que era conocido hasta el momento en que Darwin le dio otro papel, podía considerarse que era debido a una ignorancia o falta de conocimiento, pero a partir de Darwin nace un nuevo azar; un azar con naturaleza propia. Un azar de alguna forma creador.

El primer azar, el predarwiniano, era un *azar epistemológico*, basado en la falta de conocimiento. El segundo, el postdarwiniano, es un *azar ontológico*; es un azar de la naturaleza. Es un rasgo, propiedad o característica de ésta. Pertenece a la naturaleza, la conforma, la hace evolucionar y, por consiguiente, cambiar; tiene un cierto carácter de existencia y de creación. No es determinista. Puede o no puede generar cambios, es, por tanto, contingente. No es predecible ni imprescindible. A veces está y a veces no está. No se conocen las condiciones ni como será el cambio. Por otro lado, esta visión del azar parece un concepto nuevo, y como tal, tiene un antes y un después, al menos para el ser humano. Lo mismo que el principio de incertidumbre de Heisenberg, o la idea de Einstein, según la cual el tiempo no es el mismo para diferentes observadores.

Hay algunos autores que creen que incluso el origen de la existencia es fruto del azar. En esta línea, por ejemplo, algunos consideran que el inicio del universo se debe a una fluctuación, quizás aparecida aleatoriamente, que dio origen al universo actual. Esa *“fluctuación”* o condición inicial, que dio origen al universo, ¿fue únicamente una, muy precisa y determinada? Esa única fluctuación es la que habría conducido al universo al “aquí y ahora” actual. ¿Pudo haber existido alguna “fluctuación” diferente, no tan precisa como la anterior?. Si así hubiera sido, ¿sería el mundo actual distinto al que se conoce?. En caso de existir varias posibles fluctuaciones, ¿cualquiera de ellas habría llevado al universo actual? ¿El estado actual es indiferente de una gama de posibles fluctuaciones? Si hubiera un intervalo de posibles fluctuaciones ¿cuán diferentes podían haber sido éstas para que el universo fuera el mismo? ¿Cómo de grande debería ser el intervalo de posibles fluctuaciones?. Si existe un intervalo de fluctuaciones que lleva al mundo actual ¿es posible pensar que fuera de tal intervalo el mundo no habría sido el actual?. En caso de que sólo hubiera una posible fluctuación, ¿está la vida totalmente determinada por esa “única fluctuación inicial”? ¿Qué determinó estas posibles variaciones en las fluctuaciones? (HAWKING, 1992)

Muchos pensadores ya se han planteado éstas y muchas otras preguntas relacionadas con el posible origen del universo. Según el conocido *principio antrópico fuerte*, o bien existen muchos universos o, por otro lado, existen regiones diferentes dentro de un único universo. En ambos casos, cada universo o región del mismo, tiene su propia configuración inicial y, tal vez, su propio conjunto de leyes, encontrándose el ser humano actual en uno de ellos. (HAWKING, 1992)

Según el *principio antrópico débil* se piensa en unas condiciones iniciales únicas, muy precisas y totalmente determinadas: el *Big Bang*. Estas condiciones “tan precisas y determinadas” motivaron la duda de Einstein sobre “si Dios tuvo alguna posibilidad de elegir al crear el Universo”. Las leyes de la ciencia contienen números fundamentales que parecen haber sido ajustados sutilmente para hacer posible el desarrollo de la vida. Las precisas condiciones iniciales del universo son, o bien, causa de un ser superior, o bien, el resultado de una casualidad o simple coincidencia. (HAWKING, 1992)

El principio antrópico débil lleva a la pregunta de si el universo es fruto del azar o de un ser superior que definió las condiciones extremadamente precisas del *Big Bang*. Desde ese momento inicial, el ser humano ha vagado, por un lado, bajo una sombra de incertidumbre y aleatoriedad y, por otro lado, cubierto con un manto de determinismo, llámese teológico, que indica que todo está determinado, hasta incluso el propio destino. Es muy difícil no entrever dentro de los principios antrópicos, tanto en el débil como en el fuerte, un cierto papel del azar. En ambos principios se oculta un azar ontológico. Parece como si el azar ya hubiera existido mucho antes de la creación del universo.

Para ayudar a interpretar lo expuesto puede pensarse que antes del origen del universo en su lugar había una especie de “fluido”. En el Big Bang, las altas presiones y temperaturas generan turbulencias. Una de ellas, fortuitamente, se autoorganiza, emergiendo una burbuja, la cual en su “ascenso” se expande creando un orden interior. Emergen criaturas que evolucionan mientras la burbuja “asciende”, pudiendo estas criaturas encontrar leyes de comportamiento “interiores” a la burbuja. A estas criaturas les sería muy dificultoso entender cuestiones como “¿qué sucede fuera?” y “cuál es su origen?”. Esta analogía da pie a pensar que existe otra gran infinidad de posibles burbujas aparecidas en el mismo instante, o, quizás, en instantes diferentes, o, incluso, que se están constantemente generando. Puede postularse que la “vida” y, más tarde, la “inteligencia” sólo aparecen cuando la burbuja “se encuentra a una cierta altura de su origen”. Esta visión fantástica es similar a la teoría de los “universos membrana” de Hawking, expuestos en *El universo en una cáscara de nuez* (HAWKING, 2002), los cuales se expanden o contraen de manera aleatoria. Las mismas “burbujas” que se expanden y deforman y que, por medio de la mecánica cuántica y de unas condiciones muy extremas del espacio/tiempo se deforman, constituyen la *teoría inflacionista del universo* de Alexei A. Starobinsky, Alan Guth y mejorada, por Andrei Linde.

Hawking, en *Historia del tiempo*, dice: “la mecánica cuántica introduce un elemento inevitable de incapacidad de predicción, una aleatoriedad en la ciencia”. La mecánica cuántica no predice un único resultado de cada observación. Predice un cierto número de resultados posibles y da las probabilidades de cada uno de ellos. No es posible ignorar la aleatoriedad introducida por la mecánica cuántica. (HAWKING, 1992)

El azar es algo que parece imposible de erradicar. Es algo que se ha querido anular pero sigue estando allí. Parece que siempre estará alrededor del ser humano. Que su existencia puede tanto destruirle como hacerle crecer. En el símil de las cartas indicado, es quien, por un lado, baraja las cartas y, por otro lado, quién facilita las recombinaciones. Si se asemeja a ignorancia, su eliminación o reducción aumenta el conocimiento. Si se asemeja a contingencia o suerte, puede hacer triunfar o fracasar. El éxito y el fracaso están a la vuelta de la esquina. ¿Provoca el azar errores? El Liberty se hundió antes de salir del astillero con gran sorpresa de sus constructores. ¿Genera el azar fortuna? ¿Que fue lo que hizo que Fleming descubriera la penicilina en aquellas bacterias que otros científicos desaprovecharon, por falta de valor científico, y que tras su descubrimiento tantos miles de vidas se han salvado? El éxito y el fracaso están a ambos lados del filo de la navaja. ¿Qué los condiciona? ¿Cómo están relacionados?

Según Edgar Morin, “el ser humano ha adquirido conocimientos sin precedentes sobre el mundo físico, biológico, psicológico, sociológico. La ciencia ha hecho reinar, cada vez más, a los métodos de verificación empírica y lógica. Mitos y tinieblas parecen ser rechazados a los bajos fondos del espíritu por las luces de la razón. Y, sin embargo, el error, la ignorancia, la ceguera, progresan, por todas partes, al mismo tiempo que nuestros conocimientos”. (MORIN, 2003: 27)

Los deterministas defienden que la baraja se “mezcló” en el origen y que los cambios de los cambios, así como las recombinaciones de las recombinaciones entre las barajas fueron en ese momento definidas, y que no es posible alterar su orden. Rigurosa y extrema situación que se desmorona con que se altere una única carta. El determinismo viene definido por un suceso que condiciona totalmente a los demás. En cambio el indeterminismo absoluto es justamente el complementario del anterior: todos son posibles. La realidad quizás se encuentra en una combinación entre ambos: determinismo combinado con indeterminismo.

El azar creador, el punto de inflexión en la forma de ver el azar, introducido por Darwin, permite ver en su interior un componente beneficioso, al contrario de la visión predecimonónica, en la que era considerado un fenómeno molesto, negativo, destructor.

¿Que es el azar? El azar se contrapone a la razón. La razón se asocia a computación. Todo lo razonable se puede computar, cuantificar. Si se conoce la fórmula se conoce el resultado. Según R. Penrose: “¿No es obvio que la simple computación no puede provocar placer o dolor; que no puede percibir la poesía, o la belleza del cielo al atardecer, o la magia de los sonidos; que no puede tener esperanza o amar o desesperar; que no puede tener un objetivo genuino autónomo?” (PENROSE, 1991, pág. 554). No todo es razón, igual que no todo es azar. Ambos existen y ambos se necesitan. La naturaleza avanza por medio de una especie de simbiosis que se crea entre ambas.

Parece que no es ni una cosa ni otra. Se verá que hay defensores de todo tipo. Los hay que consideran que todo es puro azar (Pascal), hasta los que piensan que todo está totalmente determinado (Laplace), pasando por un gran abanico formado por los que opinan que el azar y el determinismo se combinan en la naturaleza, tales como Prigogine, Morin y Atlan, entre otros, que consideran que los sistemas vivos cambian como consecuencia de ser estructuras autoorganizadas que permiten la emergencia de nuevas características, los sistemas adaptativos. Es el conocido azar generador de orden o azar creador.

Si el azar se contrapone a la razón, donde no hay razón debe haber algo de azar. Y como parece que no todo es razón, se deben abrir las puertas al azar. El azar es la noche que se contrapone al día. El día es luz, claridad, energía, vida, actividad, producción, enriquecimiento, certeza, alegría... La noche todo lo contrario: oscuridad, temor, descanso, sueño, imaginación, incerteza, inactividad... La noche parece ser la parte incierta e improductiva de la vida, pero también la imaginativa y oscura; tan necesarias ambas. Son las dos caras de la misma moneda. Una no existe sin la otra; la vida no existe sin ambas. El día es el determinismo; la noche el indeterminismo. El día es la razón, la consciencia, la inteligencia; la noche, por el contrario, el azar, la imaginación, la inconsciencia, la creatividad. Hay que dormir bien para estar bien despierto. Hay que “soñar” con el azar bien para emplear bien la razón. Si se trabaja con él correctamente, puede obtenerse un rendimiento mayor.

No debe caerse en el error de pensar que todo es azar ni todo azar es beneficioso. Hay situaciones donde el ser humano ha de evitar el azar; debe generar mecanismos que lo eviten. Cuando alguien va al quirófano no espera que el cirujano pruebe de forma aleatoria dónde debe dar los cortes. El cirujano tiene un gran conocimiento, lo aplica de forma ordenada y precisa. Es una actividad totalmente racional. Una intervención quirúrgica, el proceso de fabricación de un Boeing o el plato especial de un cocinero, son trabajos que se deben realizar con mucha atención y precisión, están perfectamente definidos y cualquier variación respecto a lo previsto puede ser terrible.

En la reproducción humana, de los millones de espermatozoides, todos ellos diferentes, sólo uno alcanza al óvulo. Parece que la naturaleza sea poco eficiente. Prueba con grandes cantidades esperando que alguna funcione. Del mismo modo, un inventor necesita un gran número de ideas para poder llevar una a la práctica. La generación de ideas es en cierta medida aleatoria. El seleccionar una idea y llevarla a la práctica, es totalmente racional. Con el raciocinio puro es muy difícil obtener una idea novedosa. La evolución humana y tecnológica es una muestra de la alternancia entre razón y azar. Cuando se tiene un objetivo claro, hay que actuar de una forma precisa; el azar es perjudicial. Cuando se busca el objetivo actuar de forma precisa no es correcto. En este caso un cierto grado de azar, de “búsqueda fortuita” puede ser necesario y beneficioso.

Es importante remarcar que la evolución no es sólo consecuencia del cambio de los individuos, sino consecuencia de los emparejamientos aparecidos y, como se verá en otros capítulos, tanto de la interpretación como del estado anímico del individuo ante estos emparejamientos. Aquí se aprecia un punto importante sobre la generación de cambios que acaban “sobreviviendo”. Puede indicarse que más que los cambios lo importante son las **recombinaciones**. La adaptación a un cambio viene provocada por el mecanismo de aprendizaje. Si cambia el medio, los individuos intentan adaptarse aprendiendo que deben hacer. Ahora bien la recombinación de alguna forma es fortuita, simplemente sucede. Nadie ha provocado la recombinación. Se ha producido y como consecuencia de esta recombinación se obtiene una pareja “medio-individuo” diferente; no es, por lo tanto, el resultado de un proceso de aprendizaje. El proceso de aprendizaje lo que hará es intentar modificar, en base a la experiencia, las condiciones que se encuentran en ese medio, pero no únicamente por aprendizaje se altera una recombinación. Un suceso fortuito también lo produce.



### 7.2.4 El pensamiento salvaje: Ciencia, Magia y Religión.

El ser humano tiene tendencia a simplificar las cosas. Si tiene hambre, come. Si le molestan, responde. Si tiene sueño, duerme. Si tiene frío, se calienta. Esta simplificación le ha ayudado en muchas de sus actividades. Seguramente, desde los orígenes de la humanidad, las acciones realizadas por el hombre con resultados inmediatos le han sido muy útiles. A medida que se iba construyendo la historia de la humanidad, el ser humano fue modificando sus acciones, realimentándose con las respuestas obtenidas. Cuando el hombre primitivo quiso cortar una rama, seguramente, al principio, lo intentó con las manos; cuando era insuficiente probablemente lo intentó combinando manos y pies; al aumentar la dificultad pasó a ayudarse con algún objeto de su entorno, como una piedra; el siguiente paso pudo ser la combinación de varios objetos, tales como hachas, dando lugar al inicio de la fabricación de utensilios de corte.

Parece interesante apoyarse en algunos comentarios realizados por André Leroi-Gourhan (1911-1986), eminente etnólogo y prehistoriador francés, tomados de su libro *Evolución y Técnica (tomo I - El hombre y la materia)*:

“(en referencia a culturas anteriores al *homo sapiens*) se sabe gracias a los útiles de piedra tallada (...) que los útiles, en su conjunto, siguieron una línea de evolución progresiva comparable a la que siguieron las formas humanas, desde los lejanos australántropos hasta los pitecántropos y el hombre de Neanderthal. Cada forma de útil, de un período a otro, se presenta como si hubiera tenido como ascendiente la forma que la precede.” (LEROI-GOURHAN, 1988, 22)

“No hay técnicas sino conjuntos técnicos regidos por conocimientos mecánicos, físicos o químicos generales. Cuando se ha conseguido el principio de la rueda, se puede llegar también al carro, a la rueda de alfarero, al torno de hilar o al torno para madera; cuando se sabe coser, no sólo se puede tener un vestido de una forma determinada, sino también vasos de corteza cosida, tiendas cosidas o canoas cosidas; cuando se sabe conducir el aire comprimido, se puede tener la cerbatana, el encendedor de pistón, el fuelle con pistón o la jeringa.” (LEROI-GOURHAN, 1988, pág. 35)

La relación entre evolución tecnológica y biológica ha sido estudiada por G. Basalla en *La evolución de la tecnología* (BASALLA, 1991) y por J. Mokyr en *La Palanca de la Riqueza. Creatividad Tecnológica y Progreso Económico* (MOKYR, 1993)

Durante la historia de la humanidad el hombre ha intentado conocer la naturaleza y dominarla. ¿Porqué? Seguramente para vivir. Así aparece la cuestión planteada por Ortega y Gasset en *Meditación a la Técnica*: ¿porqué normalmente quiere el hombre vivir? Según Ortega, “Este vivir es, pues, la necesidad originaria de que todas las demás son meras consecuencias”. Afirma que “ese empeño (en vivir) es tan grande, que cuando el hombre no puede satisfacer las necesidades inherentes a su vida, porque la naturaleza en torno no le presta los medios inexcusables, el hombre no se resigna”. Se pregunta “si el animal tiene el mismo empeño que el hombre en vivir”. “Pero el hombre, por lo visto, no es su circunstancia, sino que está sólo sumergido en ella y puede en algunos momentos salirse de ella y meterse en sí, recogerse, ensimismarse y, sólo consigo, ocuparse en cosas que no son directa e inmediatamente atender a los imperativos o necesidades de su circunstancia”. El hombre fabrica, construye... Estos actos llevan en sí la esencia de la invención y la creación en general. Son los actos técnicos, los únicos específicos del hombre. “Los actos técnicos no son aquellos en que el hombre procura satisfacer directamente las necesidades que la circunstancia o la naturaleza le hace sentir, sino aquellos que llevan a reformar esa circunstancia eliminando en lo posible de ella esas necesidades, suprimiendo o menguando el azar y el esfuerzo que exige satisfacerlas”. (ORTEGA Y GASSET, 1982)

Ortega remarca que todos estos actos tienen una estructura común. Para él, todos ellos permiten obtener lo que no hay en la naturaleza, pero son necesarios. Logran que en la naturaleza haya lo que no hay. La técnica es la reforma de la naturaleza. Para Ortega la técnica es tan importante para el hombre que llega a afirmar que “un hombre sin técnica, es decir, sin reacción contra el medio, no es un hombre”. La técnica no se reduce a facilitar la satisfacción de necesidades orgánicas o biológicas.

“Tan antiguos como los inventos de utensilios y procedimientos para calentarse, alimentarse, etc., son muchos otros cuya finalidad consiste en proporcionar al hombre cosas y situaciones innecesarias en ese sentido”. (ORTEGA Y GASSET, 1982)

Ortega recuerda que tan viejo como hacer fuego es el embriagarse. Desde el principio el concepto de “necesidad humana” abarca lo objetivamente necesario y lo superfluo. Ortega sugiere que sería difícil identificar cuales de las necesidades actuales son superfluas. El empeño del hombre por vivir es inseparable de su empeño en estar bien.

“El bienestar y no el estar es la necesidad fundamental para el hombre, la necesidad de las necesidades. Así pues, parecía que el hombre mostraba un raro y obstinado empeño en vivir. Pero esta expresión, ahora lo advertimos, es equívoca. El hombre no tiene empeño alguno por estar en el mundo. En lo que tiene empeño es en estar bien” (ORTEGA Y GASSET, 1982)

Ortega concluye que “el hombre es un animal para el cual sólo lo superfluo es necesario”. Así pues, “la técnica es la producción de lo superfluo: hoy y en la época paleolítica”. (ORTEGA Y GASSET, 1982)

“Tenemos, pues, que mientras el simple vivir, el vivir en sentido biológico, es una magnitud fija que para cada especie está definida de una vez para siempre, eso que el hombre llama vivir, el buen vivir o bienestar es un término siempre móvil, ilimitadamente variable”. “La vida humana, pues, trasciende de la realidad natural, no le es dada (...) sino que se la hace él, y éste hacérsela comienza por ser la invención de ella”. (ORTEGA Y GASSET, 1982)

El ser humano no sólo inventa cosas superfluas; la vida humana es obra de su imaginación. Tiene que hacerse constantemente su propia existencia. “Diríamos, pues, que al hombre le es dada la abstracta posibilidad de existir, pero no le es dada la realidad”. Tiene que ganarse la vida. “La vida no es sino el afán de realizar un determinado proyecto o programa de existencia” y ese ‘yo’ es un programa imaginario que convierte al ser humano en un aspirar a ser. “En este sentido, el hombre es una pretensión, la pretensión de ser esto o lo otro”. Así, la vida humana, la existencia, aparece consistiendo formalmente en un problema. Ortega pregunta quién es el que siente que tendría que ser, que debería ser, que anhela ser: “La vida de cada uno de nosotros es algo que no nos es dado hecho, regalado sino algo que hay que hacer.”.

El ser humano se encuentra en una constante búsqueda, tiene que autofabricarse. En su esencia se encuentra el técnico. La vida es producción y sólo porque ésta lo exige, es pensamiento, teoría y ciencia. “He aquí por qué el hombre empieza cuando empieza la técnica”. La técnica combina dos entes heterogéneos – el ser humano y el mundo –. El ser humano debe insertar su ser en el mundo. “Ese problema, casi de ingeniero, es la existencia humana”. El hombre que no sabe qué ser, seguramente está falto de imaginación para inventar el argumento de su vida, falto de cómo encontrar su proyecto de vida. La capacidad técnica aparece donde la inteligencia funciona al servicio de una imaginación creadora de proyectos vitales. (ORTEGA Y GASSET, 1982)

Según Ortega, el hombre es un programa extranatural que se hace servir de la técnica. Expone uno de los, por él denominados, programas vitales. Un programa vital en el que ser humano ha encontrado su ser: el *gentleman* de 1850 en Inglaterra.

“Decimos: el comportamiento que el hombre suele adoptar durante los breves momentos en los que las penosidades y apremios de la vida dejan de abrumarle y se dedica, para distraerse, a un juego, aplicado al resto de la vida, es decir, a lo serio, a lo penoso de la vida: eso es el gentleman. Ahora bien, cuando el hombre se dedica a jugar suele ser porque se siente seguro en lo que respecta a las urgencias elementales del vivir. El juego es un lujo vital y supone previo dominio sobre las zonas inferiores de la existencia, que éstas no aprieten, que el ánimo, sintiéndose sobrado de medios, se mueva en tan amplio margen de serenidad, de calma, sin el azoramiento y feo atropellarse a que lleva una vida escasa, en que todo es terrible problema. Un ánimo así se complace en su propia elasticidad y se da el lujo de jugar limpio – el fair play –, de ser justo, de defender sus derechos, pero respetando los del prójimo, de no mentir. Mentir en el juego es falsificar el juego y, por tanto, no jugar. Así mismo, el juego es un esfuerzo, pero no siendo provocado por el premioso utilitarismo que inspira el esfuerzo impuesto por una circunstancia de trabajo, va reposando en sí mismo sin ese desasosiego que infiltra en el trabajo la necesidad de conseguir a toda costa su fin.” (ORTEGA Y GASSET, 1982)

Continuando con sus palabras, por lo interesantes e importantes que son para la presente tesis. “Por eso, este hombre que aspira a hacer de la existencia un juego y un deporte es lo contrario de un iluso; precisamente porque quiere eso sabe que la vida es cosa dura, seria y difícil. (...) Su afán de ser individuo y de dar a su destino mundanal la gracia de un juego le ha hecho sentir la necesidad de separarse hasta físicamente de los demás y de las cosas, y atender al cuidado de su cuerpo ennobleciendo sus funciones más humildes. (...) El gentleman, repito, no es un intelectual. Busca el *decorum* en toda su vida: alma limpia y cuerpo limpio.” (ORTEGA Y GASSET, 1982)

En la exposición hecha por Ortega, el hombre hace técnica y es, de alguna manera, técnica. Está constantemente creando y aplicando técnicas y, como resultado de estas técnicas, aparecen, entre otras, la ciencia, la magia y la religión. Estas son tres técnicas de las que se hablará a continuación, son técnicas de búsqueda de conocimiento con la esperanza de conocer algo más el universo en el que se encuentra el ser humano. “Por medio de la ciencia (el hombre) ha alcanzado una reconstrucción conceptual del mundo que es cada vez más amplia, profunda y exacta”. (BUNGE, 1981, pág. 9)

Esta actitud “técnica”, aparentemente “curiosa”, le diferencia de los animales. Esta curiosidad en todos los campos seguramente tiene su razón de ser en una búsqueda mayor: la posibilidad de predecir que pasará. El ser humano intenta predecir lo que sucederá; por ello ha descubierto la ciencia y la magia. Esta búsqueda de la predicción (futuro) por el conocimiento (pasado) seguramente se basa en la búsqueda de orden; del encadenamiento entre el pasado y el futuro. El hombre necesita saber porque los acontecimientos se desencadenan de una cierta manera; en si todo tiene un sentido.

El hombre es un ser consciente. Se hace preguntas como: ¿Todo tiene realmente un sentido? ¿Todo está encadenado? ¿Cada causa tiene su efecto? Preguntas que seguramente sólo preocupan al propio ser humano. Ahora bien, muchas de las respuestas las da según una visión antropomórfica, reflejo de su propia naturaleza.

Es muy difícil que el hombre se responda preguntas que le afectan de una forma tan directa. En cualquier caso, parece que es únicamente la consciencia del hombre la que se hace estas preguntas.

Hay otras preguntas, tales como ¿qué importancia tiene la consciencia para el Universo como un todo? ¿Podría existir un universo sin habitantes conscientes? ¿Están las leyes físicas especialmente diseñadas para permitir la existencia de la vida consciente? Según indica Penrose, éste es el tipo de preguntas que pretende responder lo que se ha llegado a conocer como el principio antrópico. (PENROSE, 1991, pág. 537)

Penrose indica que este principio tiene muchas formas (BARROW y TIPLER, 1986). Según él, la más claramente aceptable de estas formas se refiere simplemente a la localización espacio-temporal de la vida consciente (o “inteligencia”) en el Universo. Este es el principio antrópico débil. Según este principio, existe vida inteligente en la Tierra en la época presente porque se dan las condiciones justas para la misma: si no fueran las correctas entonces el hombre no estaría aquí, sino en alguna otra parte, en alguna otra época apropiada. Esto justificaría porque algunas constantes físicas tienen unos valores determinados. Algunas de las relaciones entre las constantes físicas solamente son válidas en la época actual de la historia de la Tierra, de modo que casualmente parece que se está viviendo en un tiempo muy especial. Así pues, el ser humano es fruto de una coincidencia. (PENROSE, 1991, pág. 537)

En cualquier caso, parece que el ser humano, por medio de la observación, en concreto de la interacción de sus actos con el medio, va aprendiendo a hacer actividades cada vez más sofisticadas y productivas. Este proceso de aprendizaje requiere el paso por multitud de pruebas infructuosas. Esta secuencia de pruebas, fructuosas unas y erróneas otras, forman el conocido proceso de ensayo y error. ¿Quién no conoce este mecanismo tan sencillo de aprendizaje? El ser humano necesita equivocarse para aprender. Este aprender de los propios errores es la tan conocida y valorada experiencia. El error es al ser humano lo que el temple es al acero. Igual que el acero requiere llegar a condiciones extremas y luego ser enfriado bruscamente, el ser humano tras cada “golpe” aumenta su conocimiento empírico. El ser humano aprende, pero, además, este ritmo de aprendizaje, tal como indicaba A. Leroi-Gourhan, suele ser incremental. Es relativamente difícil llegar a altos niveles de conocimiento sin haber pasado por los niveles inferiores. El error es necesario para el aprendizaje. Tanto la ciencia como la técnica, no sólo han necesitado cometer errores para avanzar, sino que durante siglos han existido teorías que posteriormente han sido sustituidas. La espada de Damocles de la ciencia y la técnica es el error oculto que puede generar el fracaso más estrepitoso. Para Laszlo: “El error es el precio que se paga por aprender”. (LASZLO, 1988)

Esta manera de ver las cosas ha sido muy útil en todas las facetas de la vida en general. En las facetas científica y técnica, la premisa máxima ha sido la simplificación. Es útil por permitir un conocimiento detallado de las variables, pero, como todo, tiene su parte oscura. No permite entender sucesos complejos en los que la relación entre las variables no es directa. El ser humano, en la búsqueda de orden encuentra o “fuerza” encadenamientos entre sucesos. Esto le ha llevado a la ciencia, la magia y la religión.

B. Manilowski indica en *Magia, ciencia, religión*: “No existen pueblos, por primitivos que sean, que carezcan de religión o magia. Tampoco existe, ha de añadirse de inmediato, ninguna raza de salvajes que desconozca ya la actitud científica, ya la ciencia, a pesar de que tal falsa les ha sido frecuentemente atribuida. En toda comunidad primitiva, estudiada por observadores competentes y dignos de confianza, han sido encontrados dos campos claramente distinguibles, el Sagrado y el Profano; dicho de otro modo, el dominio de la Magia y la Religión, y el dominio de la Ciencia.” (MANILOWSKI, 1994). Manilowski añade, haciendo referencia al libro de Sir James Frazer, *La rama dorada*:

“El primitivo busca ante todo consultar el curso de la naturaleza para fines prácticos y lleva a cabo tal cosa de modo directo, por medio de rituales y conjuros, obligando al viento y al clima, a los animales y a las cosechas, a obedecer su voluntad. Sólo mucho después, al toparse con las limitaciones del poder de su magia, se dirigirá a seres superiores, con miedo o con esperanza, en súplica o en desafío; tales seres superiores serán demonios, espíritus de los antepasados o dioses.” (MANILOWSKI, 1994).

Aquí se ve una diferencia entre magia y religión. Manilowski continúa:

“La magia, basada en la confianza del hombre en poder dominar la naturaleza de modo directo, es en ese respecto pariente de la ciencia. La religión, la confesión de la impotencia humana en ciertas cuestiones, eleva al hombre por encima del nivel de lo mágico y, más tarde, logra mantener su independencia junto a la ciencia, frente a la cual la magia tiene que sucumbir.” (MANILOWSKI, 1994)

También, refiriéndose al doctor A. A. Goldenweiser, añade que éste al hablar de los “descubrimientos, invenciones y progresos” del primitivo – que con dificultad podrían atribuirse a una mente preempírica y prelógica – afirma que “no sería prudente atribuir a la mecánica primitiva únicamente un papel pasivo en el origen de las invenciones. Muchos pensamientos felices han de haber cruzado la mente del salvaje y éste no ha de haber sido indiferente a la emoción que nace de una idea de acción realmente efectiva.” (MANILOWSKI, 1994). Aquí se aprecia al salvaje con una actitud mental afín a un científico actual. Manilowski indica que: “toda comunidad primitiva está en posesión de una considerable cuantía de saber, basado en la experiencia y conformado por la razón”. Se mueven en dos planos: la razón y la magia. Se pregunta si distinguen estos dos terrenos y los mantienen separados, o está el campo del conocimiento continuamente invadido por la superstición, el ritualismo, la religión y la magia. Indica, refiriéndose a las tribus melanesias, que son expertos pescadores, fabricantes de manufacturas y especialmente son grandes agricultores. Consiguen cosechas para mantener una densa población. Este éxito en la agricultura depende de su extenso saber sobre todas las clases de suelo, las diversas plantas cultivadas y de su conocimiento de la importancia de un trabajo adecuado y serio. Seleccionan el suelo y las semillas. Tienen un gran conocimiento del tiempo y las estaciones, las plantas y las enfermedades, el suelo y los tubérculos. Sin embargo, en medio de todas estas actividades se encuentra la magia.

La magia es considerada como algo absolutamente indispensable. Está claro que los aborígenes no atribuyen todo buen resultado a la magia. Saben que pueden controlar las fuerzas naturales por medio del esfuerzo físico y mental.

“Por otro lado, su experiencia también les ha enseñado que, a pesar de toda previsión y allende todos sus esfuerzos, existen situaciones y fuerzas que un año prodigan inesperados e inauditos beneficios de fertilidad, hacen que todo resulte perfectamente, que sol y lluvia aparezcan en los momentos en los que es menester, que los insectos nocivos permanezcan lejos y que la cosecha rinda un superabundante fruto; y otro año esas mismas circunstancias traen mala suerte y adversa fortuna, persiguiéndole del principio a fin y dando al traste con sus arduos esfuerzos y su mejor fundado saber. Es para controlar tales influencias para lo que empleará la magia.” (MANILOWSKI, 1994).

Francisco José Martínez, en el *Diccionario Crítico de Ciencias Sociales*<sup>1</sup>, indica que el mito y el rito son elementos instauradores de orden en el caos. Expone que el cosmos y el mundo presentan una estructura donde el orden aparece inestable. Los mitos y los ritos tienden estabilizar estas estructuras cósmicas y sociales sometidas al asalto continuo de lo aleatorio e imprevisible. Los símbolos míticos y los sacrificios rituales son medios para mantener el orden siempre amenazado. La estabilidad original se transmite a la existencia cotidiana a través de relatos míticos y representaciones rituales, poniendo en escena un orden ficticio, domesticado. Mediante una transgresión controlada se aleja la transgresión real e incontrolable. Este es el significado de la fiesta en todas sus modalidades: invertir los papeles y la subversión de las estructuras en condiciones espaciales y temporales precisas para proteger el resto del tiempo y del espacio de una transgresión imprevista e incontrolable. Los ritos de paso muestran que el paso de un orden a otro exige el paso por el desorden. Por su parte, los mitos permiten conectar lo conocido y cotidiano con lo desconocido esencial y mediante relatos describen cómo el orden sale del caos a través de una lucha que enfrenta a los héroes culturales, salvadores, con las fuerzas del desorden salvaje, personificadas por los rebeldes. (MARTINEZ, 2003)

---

<sup>1</sup> Martínez Martínez, Francisco José , "Azar y Caos". En Román Reyes (Dir): *Diccionario Crítico de Ciencias Sociales*, Pub. Electrónica, Universidad Complutense, Madrid 2003 <<http://ucm.es/info/eurotheo/diccionario>>



De este modo, tanto en la agricultura como en el resto de actividades, tales como la pesca o la guerra, los aborígenes combinan la importancia del conocimiento con la magia. Es importante remarcar que Manilowski considera que “practican la magia para domeñar los elementos de la suerte y el azar.” (MANILOWSKI, 1994, pág. 25).

“La magia le proporciona al hombre primitivo actos y creencias ya elaboradas, con una técnica mental y una práctica definidas que sirven para salvar los abismos peligrosos que se abren en todo afán importante o situación crítica. Le capacita para llevar a efecto sus tareas importantes en confianza, para que mantenga su presencia de ánimo y su integridad mental en momentos de cólera, (...) de la desesperación y de la angustia. La función de la magia consiste en ritualizar el optimismo del hombre, en acrecentar su fe en la victoria de la esperanza sobre el miedo.” (MANILOWSKI, 1994).

El mismo Claude Levi-Strauss, en su libro *El pensamiento salvaje*, reafirma lo ya expuesto, matizando que la gran mayoría de tribus tiene un gran conocimiento en muchos fragmentos de la naturaleza: pueden identificar la especie de un árbol a partir de un minúsculo fragmento de madera, tienen nombres para identificar las coníferas de su región, pueden dar nombres a un gran número de especímenes botánicos con diferencias tan insignificantes que un botánico occidental no podría distinguirlos, utilizan productos naturales con fines medicinales, ...

Añade que esta preocupación por la observación e inventario de relaciones y vínculos puede culminar en resultados de aspecto científico, que, en el caso de los indios Blackfoot, les permite diagnosticar la proximidad de la primavera según el estado de desarrollo del feto de bisonte extraído del vientre de la hembra muerta en la vaca. Sin embargo, dado que no se pueden aislar estos aciertos de tantos otros paralelos de la misma clase que la ciencia declara ilusorios, se plantea que: “¿No será que el pensamiento mágico, esa “gigantesca variación sobre el tema del principio de causalidad”, decían Hubert y Maus, se distingue menos de la ciencia por la ignorancia o el desdén del determinismo, que por una exigencia de determinismo más imperiosa y más intransigente, y que la ciencia puede, a todo lo más, considerar irrazonable y precipitada?” (LEVI-STRAUSS, 1988)

Según Levi-Strauss, entre magia y ciencia la primera diferencia sería que una postula un determinismo global e integral, en tanto que la otra opera distinguiendo niveles, algunos de los cuales admiten formas de determinismo inaplicables a otros niveles. Sugiere no retornar a la tesis vulgar según la cual la magia sería una forma tímida de la ciencia: se perdería todo medio de comprender el pensamiento mágico, si se le reduce a una etapa de la evolución técnica y científica. El pensamiento mágico es un sistema bien articulado, independiente de la ciencia. En vez de oponer magia y ciencia, es mejor colocarlas paralelamente, como dos modos de conocimiento, desiguales en cuanto a los resultados teóricos y prácticos, pero no por la clase de operaciones mentales que ambas suponen, y que difieren menos en cuanto a la naturaleza que en función de las clases de fenómenos a las que se aplican. (LEVI-STRAUSS, 1988)

Este componente mágico que siempre ha estado al lado del ser humano, y que es parte de las técnicas por él creadas, se verá que de alguna manera todavía existe en la actualidad, al menos en los estados creativos. Éstos no parecen totalmente racionales, tienen un grado de irracionalidad y de imaginación tales que cuando aparece la idea, parece fruto de algún tipo de magia empleada. ¿No intenta la psicología, entre otras ciencias, descubrir cual es, o puede ser, la magia que se esconde detrás de todo “genio”, en particular, o proceso creativo, en general?.

Lo visto hasta ahora de alguna forma sugiere que, ya desde la antigüedad, la ciencia no era suficiente para descubrir y controlar la naturaleza, y que, además, la necesidad humana de crear constantemente técnicas, provoca la aparición de la magia. Esta nueva técnica busca, quizás sólo aparentemente, equilibrar la parte de azar e incertidumbre de la naturaleza.

El hombre, en su constante avance, aumenta su conocimiento respecto al que tenía anteriormente; pero siempre hay algo que no conoce. El hombre debe de convivir con cierta ignorancia. La intuición juega un papel muy importante. Si bien es cierto que la mayor cantidad de veces las decisiones deben basarse en el razonamiento, en muchas situaciones se debe “pensar con las vísceras”. La inconsciencia es una parcela de la mente que no se conoce totalmente y que actúa a veces antes que la consciencia. Las tendencias en el conocimiento de las emociones sugieren potenciarlas.

Es la intuición la que sugiere el rumbo y es la consciencia la que hace el camino. La intuición dice hacia donde ir, la consciencia donde deben ponerse los pies. Es en parte por esto por lo que han aparecido la magia y la religión. El hombre siempre ha necesitado tener algo de conocimiento en esa parte desconocida, pero, se quiera o no, forma parte de este mundo. El cómo se debe actuar en ella, en si el hombre debe basarse en la ciencia, la magia, la religión, las emociones o cualquier otra cosa, en únicamente una de ellas o en una combinación, o en cualquier otra, depende del hombre, sobre todo en base a sus resultados, pero en cualquier caso: Ahí están, tanto la zona oscura como las técnicas creadas por el hombre para adentrarse en ella.

Piaget, en *Biología y conocimiento*, indica que:

“Ningún sistema biológico sincrónico, por dependiente que sea de condiciones actuales de equilibrio, no es independiente de la historia. Es producto de la evolución y de una organización progresivas. Así pues, en todos los niveles, intervienen factores exógenos o fuentes de desequilibrios, y factores endógenos o fuentes de respuestas. Así pues las respuestas de un organismo son el resultado de una interacción con el entorno”. (PIAGET, 1967, pág. 317)

Levi-Strauss indica que subsiste en la actualidad una forma de actividad que, en el plano técnico, permite muy bien concebir lo que pudo ser, en el plano de la especulación, una ciencia a la que prefiere llamar “primera” más que primitiva: es la que comúnmente se designa con el término de *bricolage*. Según este autor, *bricoleur* es el que obra sin plan previsto y con medios y procedimientos apartados de los usos tecnológicos normales. No opera con materias primas, sino ya elaboradas, con fragmentos de obras, con sobras y trozos. (LEVI-STRAUSS, 1988)

El hombre primitivo se apoyaba en métodos pseudocientíficos. Consciente de que esto no era suficiente, confiaba en que los dioses podrían ayudarle en su meta. Un espíritu “mágico” al lado de un espíritu científico pueden ayudar doblemente. No es prudente dejar de lado la parte “mágica” o “espiritual” que todo ser humano tiene, simplemente porque su existencia no parece demostrable. Quizás esta espiritualidad, complementaria a la imaginación, es un tipo de energía interior. La ciencia actual es superior a la primitiva, pero, ¿Es aquella *ya* capaz de predecir los acontecimientos futuros? Esta es una de las cuestiones que se tratarán en el apartado siguiente.

## 7.2.5 ¿Qué es la Ciencia?

### 7.2.5.1 *La complejidad de la Ciencia*

“La ciencia y las técnicas a que ha dado origen han transformado la vida humana durante los últimos ciento cincuenta años más que lo fuera jamás desde que los hombres empezaron a ocuparse de la agricultura, y estas transformaciones aumentan a un ritmo cada vez más acelerado. (...) Está por decidir si la especie humana podrá o no sobrevivir a los cambios del medio creados por su propia industria. (...) El conocimiento científico encierra sus peligros, como los tiene todo lo que es grande. (...) Nos encontramos en el umbral de un supremo desastre o de un logro glorioso sin precedentes. Jamás tiempo pasado alguno se enfrentó con problemas de tal trascendencia y es la ciencia a quien corresponde buscar un feliz desenlace”. (RUSSELL, 1962)

Bertrand Russell, en *La ciencia y la vida humana*, reconoce los grandes avances aparecidos como consecuencia de la ciencia, pero, también cuestiona si la raza humana podrá acomodarse a las transformaciones tan vertiginosas que se están produciendo o habrá de sucumbir por falta de adaptabilidad, tal como les ha sucedido a innumerables especies anteriores. Sus dudas, planteadas hace más de cincuenta años, siguen vigentes.

La ciencia y sus aplicaciones tecnológicas ayudan a mejorar una serie de facetas de la vida humana pero también presentan efectos en otras facetas que no son tenidas en consideración: la polución, la contaminación, impactos ambientales, derroches energéticos, alteraciones genéticas, impactos sociales y culturales, ... La ciencia y la técnica tienen implicaciones en la vida humana. Su aumento de complejidad provoca la aparición de cuestiones importantes, tales como: ¿Debe ponerse límites éticos a la ciencia y a la técnica? ¿Se conocen sus efectos secundarios? ¿Deben dejarse de lado otras creencias como la religión? ¿Es la ciencia tan perfecta? ¿Se impone el uso de probabilidad sólo cuando se dispone de información insuficiente? ¿Son aceptables las inducciones? ¿Toda inducción es contingente? ¿Las deficiencias en las predicciones son debidas a la falta de conocimiento (ignorancia epistemológica) o son intrínsecas a la naturaleza (azar ontológico)? ¿Todo aumento de complejidad conlleva un aumento de incertidumbre y de azar? ¿Es este azar uno de los motores de la creación en la naturaleza?

Así pues, la ciencia lleva asociado un alto nivel de incertidumbre, no sólo en cuanto a no saber si se obtendrá exactamente lo que se espera, sino que, además, se ignoran otros efectos secundarios desconocidos o ignorados. Este es el motivo por el que se ha puesto un capítulo dedicado a la ciencia. El ser humano se encuentra en un mundo en el cual intenta “imponer” la razón. Es cierto que la razón, la lógica o el raciocinio, son muy útiles, pero como se verá más adelante, el ser humano se apoya en muchos momentos de su vida, en más de los que se piensa, en su parte irracional o intuitiva. Dentro de las consideradas “correctas” aplicaciones de la razón ha descubierto la ciencia. El ser humano ha idealizado tanto a la ciencia que considera que todo lo que no es ciencia debe dejarse de lado. Hay pensadores y tendencias actuales que van en contra de esta extrema idealización de la ciencia que ha menospreciado otras visiones menos racionales. No pretenden dejar de lado la ciencia, lo que intentan es hacerla aun más compleja introduciendo otros puntos de vista menos racionales. La cuestión que plantean no es ¿ciencia sí o ciencia no?; la cuestión planteada es ¿sólo la ciencia es suficiente para entender la complejidad de la naturaleza? La importancia de la intuición, por ejemplo, se tratará en otros capítulos. Lo que se pretende indicar es que la ciencia presenta algunas deficiencias que impiden colocarla en el pedestal de la razón. El punto de vista científico debe ser humilde en sus conclusiones. Una ampliación de su horizonte, más allá de los límites racionales puede ayudarla a crecer.

Existen toda una serie de ramas de conocimiento que tratan las cuestiones planteadas: la historia de la ciencia, la sociología de la ciencia, la psicología de la ciencia, la epistemología o filosofía de la ciencia,... En concreto, la filosofía de la ciencia y una de sus ramas, la epistemología, estudia la investigación científica y su producto, el conocimiento científico. Hasta que no se formó el Círculo de Viena (Wiener Kreis) en 1927, la epistemología era sólo un capítulo de la teoría del conocimiento o gnoseología. Aún no se habían advertido los problemas semánticos, ontológicos, axiológicos y éticos que se presentan tanto en el curso de la investigación científica como en el de la reflexión metacientífica. La aparición del Círculo de Viena fue el resultado de la preocupación que mostraron una gran serie de pensadores, principalmente científicos y matemáticos en horas de ocio, ante las profundas crisis y transformaciones que sufrieron algunas disciplinas científicas a finales del siglo XIX y principios del XX.

(BUNGE, 1980; ECHEVARRÍA, 1999)

### 7.2.5.2 *La ciencia: Fe o Duda*

A la ciencia no se la debe tomar como un dogma de fe. Éstos forman parte de la religión, no de la ciencia. Bertrand Russell remarca esta diferencia en ***Religión y Ciencia***. De la ciencia indica: “La experiencia ha demostrado que es peligroso partir de principios generales y proceder deductivamente, porque los principios pueden ser falsos y porque el razonamiento basado en ellos puede ser falaz. La ciencia parte no de amplias presunciones, sino de los hechos particulares descubiertos por la observación o el experimento”. De la religión expone: “El credo religioso difiere de la teoría científica porque pretende encarnar una verdad eterna y absolutamente cierta, mientras que la ciencia es siempre provisional, esperando que tarde o temprano haya necesidad de modificar sus teorías presentes, consciente de que su método es lógicamente incapaz de llegar a una demostración completa y final”. (RUSSELL, 1985)

Según Russell, la ciencia abandona la búsqueda de la verdad absoluta, y la sustituye por lo que puede llamarse una “***verdad técnica***”, ésta es una categoría de verdad que permite emplear con éxito invenciones y predicciones de futuro. Una verdad técnica es mejor cuando más invenciones y predicciones puede aportar. (RUSSELL, 1985)

¿Porqué, la ciencia, no busca la verdad absoluta? Porque a lo largo de la historia muchas teorías, que parecían “perfectas”, han debido “ceder” ante otras teorías mejores. Los científicos, conocedores de los “fracasos” de otros científicos que afirmaban conocer la verdad, ya no buscan esta verdad absoluta, sino, una verdad relativa. Son conscientes de que en pocos años serán superados por otras teorías mejoradas. La ciencia cada vez está más “abierta” a nuevas propuestas y a admitir que las actuales son transitorias. No obstante, existen muchos ejemplos de la Historia de la Ciencia que indican que la Ciencia no siempre se comportó de una forma tan “abierta”.

La ciencia moderna nació a comienzos del siglo XVII al adoptarse la estrategia de tomar los hechos observacionales como la base de la ciencia. Hasta entonces el conocimiento se basaba en la autoridad del filósofo Aristoteles y en la Biblia. Recuérdese la importancia de los dogmas religiosos en el apartado dedicado a la evolución.

Un axioma de Aristoteles (384 a. C. - 322 a. C.), aceptado hasta el siglo XVII, decía que la velocidad de los cuerpos en caída libre era regulada por sus pesos: así, una piedra que pesara dos kilos caería dos veces más rápida que una que sólo pesara uno. Nadie se cuestionó su certeza hasta que Galileo (1564-1642) la negó. Declaró que el peso no tenía nada que ver con el fenómeno, y que dos cuerpos de pesos distintos alcanzarían el suelo en el mismo momento. Cuando dejó caer dos bolas, de 100 libras y de 1 libra, desde lo alto de la Torre de Pisa, y ambas cayeron al mismo tiempo, se demostró que la vieja tradición aristotélica era falsa. Este ejemplo ilustra la existencia de una “creencia” aceptada durante muchos siglos. (CHALMERS, 2000)

Mario Bunge, en *La ciencia, su método y su filosofía*, indica:

“El creyente busca la paz en la aquiescencia; el investigador, en cambio, no encuentra paz fuera de la investigación y de la disensión: está en continuo conflicto consigo mismo, puesto que la exigencia de buscar conocimiento verificable implica un continuo inventar, probar y criticar hipótesis. Afirmar y asentir es más fácil que probar y disentir; por esto hay más creyentes que sabios, y por esto, aunque el método científico es opuesto al dogma, ningún científico y ningún filósofo científico debieran tener la plena seguridad de que han evitado todo dogma” (BUNGE, 1981, pág. 67-68)

Los historiadores no pueden separar la ciencia de la creencia religiosa. Una vez que hubo suficiente información de científicos como Newton, Kepler, Boyle y otros, se vio que su trabajo científico no podía separarse de sus creencias religiosas y razonamientos teológicos. Una consideración compasiva de la ciencia de estos científicos tiene que tomar en cuenta cómo estaba integrada con los patrones de cultura religiosa<sup>1</sup>.

Se sigue afirmando que la ciencia y la fe no son compatibles. Más aun, se dice que no es posible ser científico y creyente. El Dr. Henry F. Schaefer III, nominado cinco veces al Premio Nobel, en *Los científicos y sus dioses*<sup>2</sup>, intentó demostrar lo contrario.

---

<sup>1</sup> J.R. Christie. 1996. El Desarrollo de la Historiografía de la Ciencia. (The development of the History of Modern Science). En: *Companion to the history of modern science*, Olby, R., G.N. Cantor, J.R.R. Christie y M.J.S. Hodge (Eds.) Routledge. Londres y Nueva York, 1996. Pp. 5-22. Traducido por León Martínez Castilla. <http://www.amc.unam.mx/laciencia/his1.htm>

<sup>2</sup> <http://www.leaderu.com/offices/schaefer/>

Este científico, buscando en la historia, encuentra grandes científicos que combinaron la ciencia con su fe. Concluye que es compatible ser científico con ser creyente. Recuerda que C. P. Snow, en *Las dos culturas*, dijo que la cantidad de científicos incrédulos es un poco más alta que la cantidad de incrédulos del resto del mundo intelectual, aunque hay muchos científicos que son religiosos, sobre todo entre científicos jóvenes. Así que para Snow, que no era cristiano, sí es posible ser científico y cristiano.<sup>1</sup> Muchos grandes científicos han alternado la Ciencia con otras actividades “no-científicas”, como los casos de: Newton (creyente y alquimista), Marie y Pierre Curie (espiritistas), Kepler, Copérnico, Galileo, Descartes, Edison, Marconi, Von Braun, Gauss, Schrödinger, Darwin, Bacon, Pascal y Einstein (creyentes), Roberto di Sangro (alquimista), ...

Así pues, la ciencia no es dogmática, no es religión. No obstante, los científicos, adicionalmente a sus actividades puramente científicas (racionales), tienen creencias, sean o no religiosas. Desarrollan actividades racionales al lado de otras actividades que pueden denominarse irracionales (poco racionales), al menos desde un punto de vista científico. Así pues, alternan actividades racionales con otras irracionales. La ciencia parece que emplea un método de trabajo totalmente racional, pero, tal como se verá en el próximo apartado, este método científico presenta algunas actividades que son menos racionales de lo que se puede considerar en un principio, sobre todo a la hora de plantear hipótesis, que, por otro lado, son el motor de la ciencia.

El hecho de indicar que muchos científicos tienen creencias, religiosas o no, colaterales a sus actividades científicas no es para ilustrar que las últimas se deben dejar de lado. Al contrario, el tener otro tipo de creencias, es un potencial foco de nuevas ideas. La religión, entre otras cosas, puede mantener viva la llama de la imaginación. Sin haberlo demostrado aún, se verá que deben de potenciarse las actividades irracionales, sin abandonar las racionales, para tener la imaginación activa a nuevas propuestas. El que se cierra en el raciocinio mata su ventana a la imaginación, reduciendo considerablemente sus potencialidades de inventiva y creatividad. La razón es válida para juzgar, no para sugerir. La razón analiza las novedades, la sinrazón las propone. “Para ser creativo hay que ser un poco inconsciente”. Los jóvenes se atreven a sugerir ideas locas. Esta “inconsciencia juvenil” está en la inconsciencia de la mente humana.

---

<sup>1</sup> [http://www.menteabierta.org/html/articulos/ar\\_cientifysusdioses.htm](http://www.menteabierta.org/html/articulos/ar_cientifysusdioses.htm)



### 7.2.5.3 *La Ciencia: El origen de las Hipótesis*

La ciencia avanza mediante nuevas hipótesis que, tras su verificación, generan nuevas leyes que cambian a las existentes. La ciencia es un sistema en cambio constante. Etimológicamente, la raíz griega *ipo*, significa situar bajo algo, lo que apoya algo, punto de partida; con el mismo sentido del latín *suppositio*. No existe un método de generar hipótesis científicas que sean probablemente verdaderas. No hay reglas que garanticen por anticipado el descubrimiento de nuevos hechos y la invención de nuevas teorías. La generación de hipótesis tiene un *componente intuitivo e irracional*. Ante esta irracionalidad de las hipótesis, Bunge se pregunta ¿Significa esto que la investigación científica es errática y, por consiguiente, los científicos lo esperan todo de la intuición o de la iluminación? Responde que, “tal es la moraleja que algunos científicos y filósofos eminentes han extraído de la inexistencia de leyes que nos aseguren contra la infertilidad y el error”. El mismo Bunge pone por ejemplo a Bridgman – el expositor del operacionismo –, quien ha negado la existencia del método científico, sosteniendo que “la ciencia es lo que hacen los científicos, y hay tantos métodos científicos como hombres de ciencia”. En esta línea, Bunge expone:

“La investigación no es errática sino metódica; sólo que no hay una sola manera de sugerir hipótesis, sino muchas maneras: las hipótesis no se nos imponen por la fuerza de los hechos, sino que son *inventadas* para dar cuenta de los hechos. (...) A las hipótesis científicas se llega, en suma, de muchas maneras: hay muchos principios heurísticos, y el único invariante es el requisito de verificabilidad. La intuición, la analogía y la deducción de suposiciones extracientíficas proveen puntos de partida que deben ser elaborados y probados” (BUNGE, 1981).

Según Bunge, las hipótesis se producen por analogía, inducción, intuición, deducción y construcción. Para él: “toda hipótesis propiamente dicha es una construcción levantada con la ayuda de inferencias de toda clase.” (BUNGE, 1981) Según Feyerabend: “(...) mientras la unanimidad de opinión puede ser conveniente para una iglesia o para los seguidores complacientes de un tirano, o para algún otro tipo de “gran hombre”, la variedad de opinión es una necesidad metodológica para las ciencias y, a fortiori, para la filosofía”. Según su principio de proliferación: “Inventar, y elaborar teorías que sean inconsistentes con el punto de vista aceptado, aunque se diese el caso de que éste último estuviera altamente confirmado y generalmente aceptado” (FEYERABEND, 1989)

Las hipótesis pueden verificarse de una forma totalmente racional, pero la cuestión es ¿Cómo se originan? “El conocimiento científico es a veces desagradable, a menudo contradice a los clásicos, en ocasiones tortura al sentido común y humilla a la intuición; por último, puede ser conveniente para algunos y no para otros. En cambio, aquello que caracteriza al conocimiento científico es su verificabilidad: siempre es susceptible de ser verificado (confirmado o disconfirmado)” (BUNGE, 1981, pág. 41)

Bunge indica algo que de alguna forma será recurrente en la presente tesis. Para llegar a hacer una hipótesis correcta deben de haberse generado una gran cantidad de inferencias que son fruto mayoritariamente de la intuición del investigador, no de una deducción lógica. Si así lo fueran, la hipótesis sería cierta o falsa, ya antes de generarse. Estas inferencias no demostrables caen dentro de las proposiciones no demostrables de las que habla Gödel. Las inferencias, fuente de futuras hipótesis, son una mezcla de conocimiento, observación e imaginación. Las hipótesis son en gran medida fruto de la imaginación. No parece que haya duda en considerar que la imaginación no es racional. Aquí, pues, ya se empieza a ver que las ideas nuevas, potencialmente innovadoras, se originan en la imaginación.

La ciencia no es absoluta, no tiene la verdad; tiene una verdad relativa y temporal. Puede alcanzar una “verdad técnica” sólo temporalmente; sólo hasta que sea mejorada. Esta “verdad técnica” cambia a medida que aparecen leyes mejores, que la sustituyen por otra nueva “verdad técnica”. La ciencia avanza porque se crean nuevas hipótesis que abren nuevas vías de estudio que pueden llegar a convertirse en verdades técnicas mejores que las anteriores. Lo importante es remarcar que ante la pregunta ¿Cómo surgen las nuevas hipótesis? Se responde que no es empleando un método totalmente lógico y racional. Tiene una gran componente imaginativa e irracional. Dado que el motor de la ciencia parece que son las hipótesis, esto lleva a la pregunta que planteó un sabio a su discípulo ¿qué es más importante, la pregunta o la respuesta?

El principal motivo de la invención y contrastación de hipótesis, leyes y teorías es la solución de problemas del tipo *porqué*, o sea, la explicación de hechos y de sus pautas o regularidades. (BUNGE, 1983)

#### 7.2.5.4 *La Ciencia: Causa y efecto*

El ser humano observa la naturaleza y de estas observaciones extrae conclusiones. Tiene tendencia a asociar y encadenar sucesos: “antes de llover hay nubes”. El principio consecuente de causa-efecto ha sido empleado desde los inicios de la humanidad. No obstante, algunos investigadores sobre epistemología de la ciencia ya no acostumbran a utilizar esta terminología de causa y efecto. El ser humano tiene que aprender que cualesquiera dos sucesos encadenados en el tiempo no tienen porque tener una relación causa-efecto. John Ziman trata este tema, en *Introducción al estudio de las ciencias*, indicando que:

“La simple asociación invariable en un orden temporal cercano no constituye una relación causal. No decimos, por ejemplo, que la señal de la radio para indicar que son las 6:00 “causa” el noticiario que la sigue”. (ZIMAN, 1986)

El ser humano, basándose en la observación y la experimentación, da la impresión de que puede hacer una descripción de hechos concretos y proponer leyes o teorías que parecen gobernarlos. Ziman coincide con Bunge en que las teorías o hipótesis no pueden obtenerse por medio de una investigación intencionada. Las teorías o hipótesis científicas son entidades mentales que deben ser construidas por el pensamiento humano. Deben ser creadas por el ser humano. Según Ziman: “El punto crucial para una nueva teoría es justo el momento de creación, antes de que se la haya sometido a los procesos de verificación, que son más metódicos”. Considera que las hipótesis científicas no pueden crearse de la nada. La observación suele sugerir nuevas teorías y, a su vez, estas teorías deben de conectarse con los resultados de la observación. Según este autor, la aparición de teorías en la ciencia pasa por tres etapas, que se van alternando: *observación, hipótesis y verificación*. (ZIMAN, 1986).

De la tres, la única totalmente racional es la verificación ya que su función es demostrar que la hipótesis coincide con las observaciones y que es cierta. La hipótesis en cambio tiene un componente no racional muy alta, dado que su origen suele ser intuitivo, imaginario o irracional. Las tres etapas están encadenadas, pero lo que se quiere remarcar es que las tres no son totalmente racionales. Cada una de ellas presenta diferentes grados de racionalidad.

La preocupación de la epistemología es averiguar que cantidad de conocimiento puede considerarse cierto. Son innumerables los casos de errores elementales de observación a los que durante mucho tiempo se les tomó por verdaderos. El ser humano necesita ser modesto y, por lo tanto, debe suponer que la ciencia de su propio tiempo defiende la veracidad de algunas teorías que pueden estar tan equivocadas como algunos famosos errores científicos del pasado. La ciencia siempre es propensa al error y siempre es susceptible de ser corregida. Pero, ¿son estos errores imperfecciones humanas al aplicar el procedimiento que idealmente genera verdades irrefutables? El “método” de la ciencia se presta mucho más al análisis en el “contexto de justificación” que en el “contexto de descubrimiento”.

Las metodologías prácticas de investigación van dirigidas contra dos fuentes principales de *incertidumbre* empírica. La primera es la *subjetividad*. Aunque la percepción humana es notablemente sensible y discriminatoria, se ve afectada por factores corporales y mentales que varían de modo irregular de persona a persona. El conocimiento científico suele ser *objetivo*, o sea, libre de toda influencia subjetiva, cuando la información se ha obtenido con un instrumento, sin la intervención humana. En realidad, el *juicio humano* interviene siempre en el diseño de cualquier prueba o instrumento, así como en la interpretación de los datos que produce.

La otra fuente principal de incertidumbre empírica es la *contingencia*. Los hechos de interés para la ciencia tienen que ser reproducibles. Esto es imposible si por casualidad se están produciendo diferencias empíricas significativas entre especímenes individuales. Al estudiar fenómenos nuevos, existe la posibilidad de que el fenómeno sea fruto de una causa “accidental” no observada. Esta es una de las razones por las cuales la labor científica empírica suele ser experimental. Los hechos obtenidos de la observación pasiva son menos seguros que los resultados de experimentos artificiales.

Existe un gran respeto por la ciencia. Como el método científico viene aplicándose durante más de tres siglos con grandes éxitos, intenta extrapolarse este método al resto de “ciencias emergentes”. Alan F. Chalmers, en *¿Qué es esa Cosa Llamada Ciencia?*, indica: “cuando a alguna afirmación, razonamiento o investigación se le da el calificativo de “científico”, se pretende dar a entender que tiene algún tipo de mérito o una clase especial de fiabilidad”. (CHALMERS, 2000)

Chalmers intenta demostrar que “la idea de que el rasgo específico del conocimiento científico es que se deriva de los hechos de la experiencia” se sostiene sólo en una forma muy matizada, si es que puede sostenerse. Indica que hay suficientes razones “para dudar de que los hechos obtenidos en la observación y en la experimentación sean tan directos y seguros como se ha supuesto tradicionalmente.” (CHALMERS, 2000)

Partiendo de que “las teorías científicas no pueden ser probadas o refutadas de manera concluyente” y de que “las reconstrucciones de los filósofos tienen poco que ver con lo que en realidad hace progresar a la ciencia”, Chalmers propone “renunciar completamente a la idea de que la ciencia es una actividad racional que actúa de acuerdo con un método especial.” Está de acuerdo con la tesis más radical de Feyerabend, según la cual la ciencia no posee rasgos especiales que la hagan superior a otras ramas del conocimiento tales como los antiguos mitos o el vudú. El escepticismo de Feyerabend respecto de los intentos de racionalizar la ciencia es compartido por otros autores que escriben desde la perspectiva llamada “postmoderna”. (CHALMERS, 2000)

Diego Ribes, en la introducción realizada al libro de P. K. Feyerabend, *Explicación, reducción y empirismo*, indica: “He pretendido sugerir la inadecuación del materialismo reduccionista o eliminativo, y la inadecuación de una concepción del mundo basada exclusivamente en la racionalidad científica.” (FEYERABEND, 1989)

D. Ribes, en la introducción mencionada, indica que hay dos tesis fundamentales que aceptan casi la totalidad de los filósofos de la ciencia contemporáneos: la *falibilidad* de todo conocimiento humano y el *carácter sesgado* elaborado por la experiencia, concluyendo que “el conocimiento nunca puede estar seguro de haber tocado la realidad”. Este autor, haciendo referencia a Feyerabend dice que según éste, “estos dos aspectos, juntos, implican la libertad del teórico ante la experiencia, libertad que viene restringida por la tradición (aspectos sociales y culturales), la idiosincrasia del individuo (aspectos subjetivos), por los formalismos y lenguaje empleados (problema de las terminologías y tecnicismos), conjunto de creencias metafísicas (Kuhn) e incluso por motivos estéticos (Galileo ante Kepler).” Feyerabend critica la idea aceptada por el empirista moderno, según la cual: “La reducción y la explicación son por derivación”. Según él, esta afirmación del empirista “está en contradicción tanto con la práctica científica real como con exigencias metodológicas razonables”. (FEYERABEND, 1989)

Así pues, la ciencia tiene una componente racional y otra irracional. La componente irracional es la que ayuda en la parte “personal” de la ciencia. La componente racional es la que debe emplearse en la parte “no personal” de la ciencia. La parte “no personal” es la verificación. Toda verificación debe dar el mismo resultado, independientemente de quién la realiza. Esta verificación es la componente racional del método científico. Debe emplearse la lógica y el lenguaje específico de cada ciencia en concreto. En cambio, las hipótesis y la forma de su aparición, suelen ser totalmente personales y con grandes dosis de irracionalidad. Una hipótesis suele ser propia a una persona. Los más atrevidos (creativos) suelen hacer hipótesis más “salvajes”. Las hipótesis suelen tener propietario. La ley es de la humanidad. Prueba de ello es que muchas de las leyes (¿todas?) están asociadas a un nombre, el de su descubridor: Ley de Ampere, Ley de Boyle-Mariotte, Número de Euler, la Teoría de la relatividad de Einstein, ... Esta asociación de ley con descubridor tiene muchas justificaciones, pero lo que interesa remarcar aquí es que, muy probablemente, la hipótesis que les llevó a su ley fue fruto de su imaginación.

Recuérdese el ejemplo ya mencionado de la caída libre de las dos bolas de Galileo desde lo alto de la Torre de Pisa. Hasta ese momento el axioma de Aristóteles se consideraba correcto. Fue la hipótesis de Galileo y su posterior verificación lo que cambió la ley existente. Este ejemplo muestra la importancia de la persona, no sólo en la generación de la hipótesis, sino que, adicionalmente y no menos importante, esa persona debe de intentar realizar la verificación de la hipótesis. Si alguien propone una hipótesis y no consigue que se verifique, queda como un “loco” o un “soñador”. Las hipótesis son fruto de la imaginación. La imaginación de nuevas hipótesis cuando surge en la mente de un científico con fuerza de voluntad suficiente de luchar por verificarla, lleva a una ley; en la mente de un técnico, le lleva a hacer un invento, como Leonardo da Vinci; en manos de un artista, le lleva a hacer una obra de arte, como Julio Verne. Las hipótesis son “locuras” hasta que se demuestran, en cuyo paso pasan a convertirse en verdades lógicas y racionales.

### 7.2.5.5 *La Ciencia no deriva de los hechos*

La crítica de Chalmers pone en duda la idea de que “*La ciencia se deriva de los hechos*”. Se basa en dos aspectos: El primero concierne a la naturaleza de esos “hechos”. El segundo atañe a cómo, una vez se han obtenido los hechos, se derivan de ellos las leyes y las teorías que constituyen el conocimiento. (CHALMERS, 2000)

Según Chalmers la ciencia se basa en tres creencias referentes a los hechos:

- (a) Los hechos se dan a observadores cuidadosos por medio de los sentidos.
- (b) Los hechos son anteriores a la teoría e independientes de ella.
- (c) Los hechos constituyen un fundamento firme para el conocimiento científico.

Según Chalmers, el punto de vista empirista de la ciencia indica que: primero, un observador humano accede a algunas propiedades del mundo exterior en la medida en que el cerebro las registra en el acto de ver; y, segundo, dos observadores que vean el mismo objeto, desde el mismo lugar, “verán” lo mismo. Chalmers afirma que estos dos principios no pueden ser totalmente aceptables. Indica que dos observadores normales que vean el mismo objeto en las mismas circunstancias físicas no tienen idénticas experiencias visuales, aunque las imágenes que se produzcan en sus retinas sean prácticamente idénticas. Las experiencias subjetivas no están determinadas únicamente por las imágenes, sino que dependen de la experiencia, el conocimiento y las expectativas del observador. Para ser buen observador uno tiene que aprender. No ve lo mismo un observador versado que uno novato. Ambos ven lo mismo pero lo interpretan de forma distinta. Hay un mundo pero múltiples interpretaciones. (CHALMERS, 2000)

El significado del término “hechos” es ambiguo. Chalmers considera que es absurdo pensar que los hechos entran en el cerebro por medio de los sentidos. Sugiere que se necesita un entramado conceptual apropiado. Siempre se requiere un conocimiento previo. Expone, por ejemplo, que un botánico será capaz de recoger hechos más numerosos y con más discernimiento sobre plantas observadas en el campo que cualquier otra persona sin su nivel de conocimientos. (CHALMERS, 2000, pág. 10-11)

Chalmers indica que los supuestos (a) y (b) no pueden ser aceptados tal y como están. El registro de hechos observables requiere algo más que la recepción de estímulos en forma de rayos de luz incidentes en el ojo:

“Los enunciados de hechos no se determinan directamente por estímulos sensoriales y los enunciados de la observación presuponen un conocimiento, de manera que no puede ser verdad que establezcamos primero los hechos y derivemos después de ellos el conocimiento”.  
(CHALMERS, 2000, pág. 11)

Chalmers también pone en duda que los hechos deban preceder a la teoría. Propone que si previamente no se dispone de un problema a resolver o no se cuenta con alguna guía respecto de qué clase de conocimiento se está buscando, es imposible establecer hechos significativos por medio de la observación. (CHALMERS, 2000, pág. 12)

Los enunciados observaciones no se pueden establecer con seguridad por la observación de un modo no problemático. Chalmers duda de su fiabilidad. El enunciado observaciones, que imperaba hasta el siglo XVI y XVII, “la Tierra es estacionaria”, a pesar de las apariencias, es falso. La observación por si sola no es suficiente.

Chalmers expone algunas consideraciones que suponen una amenaza a la cómoda opinión: “la ciencia se deriva de los hechos”. Este lema se basa en que el conocimiento científico tiene un carácter especial, en parte porque se funda sobre una base segura, los hechos sólidos firmemente establecidos por la observación.

Una dificultad concierne a la medida en que las percepciones reciben la influencia de la preparación y las expectativas del observador, de tal manera que lo que a uno le parece un hecho observable no lo será necesariamente a otro. La segunda fuente de dificultades se origina en la dependencia que los juicios acerca de la verdad de los enunciados observacionales tienen en lo ya conocido o supuesto, haciendo así que los hechos observables sean tan falibles como los supuestos que les sirven de base. Ambos tipos de dificultad sugieren que la base observable de la ciencia no es tan directa y segura como se ha supuesto amplia y tradicionalmente. Deberían de eliminarse las dependencias con los propios juicios. Las observaciones se tienen que poder “objetivar”. (CHALMERS, 2000, pág. 17-22).



La ciencia necesita hechos, pero no cualesquiera, sino los pertinentes. Los procesos que están ocurriendo en el mundo se superponen e interaccionan unos con otros de maneras complejas. Con el fin de recoger hechos relevantes para la identificación y especificación de diversos procesos que ocurren en la naturaleza, es necesario intervenir prácticamente para aislar los procesos que se investigan y eliminar los efectos de los otros. Es necesario hacer experimentos. Es el experimento, más que la simple observación, lo que proporciona la base de la ciencia. (CHALMERS, 2000)

Los datos experimentales no son dados directamente. No es fácil hacer que un experimento funcione. Requiere muchos pasos que son cada uno de ellos un desafío técnico: medir velocidades, desplazamientos, flujos de materia, de energía, microdeformaciones elásticas o plásticas..., suelen requerir mucho tiempo de realización y costes. Si los resultados experimentales constituyen los hechos sobre los que se basa la ciencia, ciertamente no son dados directamente a través de los sentidos. Se logran con esfuerzo y establecerlos implica un considerable saber, mucha práctica de ensayo y error, la explotación de la tecnología disponible y disponer de los medios económicos y humanos necesarios. Tampoco son sencillos los juicios acerca de los resultados. Los experimentos son adecuados si su disposición es adecuada y si se eliminan los factores perturbadores. Los resultados experimentales pueden ser erróneos si el conocimiento que los sustenta es deficiente o erróneo. Los resultados experimentales son falibles y revisables. En la actualidad se sabe que muchos científicos han obtenido conclusiones erróneas y que emplearon experimentos inadecuados. (CHALMERS, 2000)

El juicio acerca de lo que es una pregunta importante y si una serie específica de experimentos es el modo adecuado de responderla depende de cómo se entiende la situación práctica y teóricamente. Los resultados obtenidos pueden ser erróneos, no porque las observaciones sean inadecuadas, o no tengan repetibilidad, sino, por lo inadecuado del montaje, que puede provocar interferencias o factores perturbadores desconocidos y no deseados que alteran la medida observada. (CHALMERS, 2000)

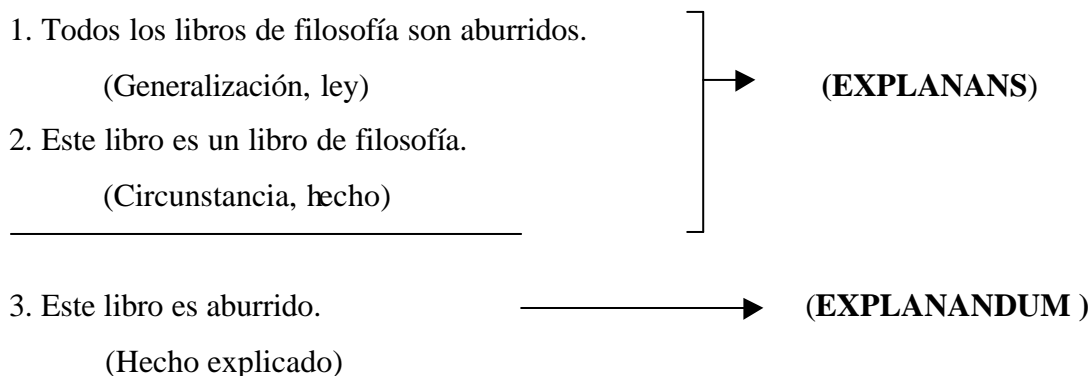
Se ha indicado como Chalmers critica la idea de que los resultados experimentales son dados directamente y son seguros. Este autor considera que dependen de la propia teoría y que son falibles y revisables. Chalmers indica que existe la posibilidad de que la relación entre teoría y experimento pueda encerrar un argumento circular.

### 7.2.5.6 La inducción.

Para ir de la descripción a la explicación, la ciencia pasa de los hechos a la teoría. Los hechos son individuales y particulares, las teorías son generales y universales. Esto lleva a una dificultad para el conocimiento científico. Una proposición general, como “todos los cisnes son blancos”, no es la consecuencia lógica de un número finito de ejemplos particulares de la forma “este cisne es blanco”. Como la proposición general no puede someterse a las pruebas empíricas de todos los casos particulares, puede resultar falsa. Así sucedió cuando en Australia se descubrieron cisnes negros. (ZIMAN, 1986)

En la historia de la ciencia hay numerosos casos de generalizaciones empíricas que han sido confirmadas de manera generalizada y que han sido refutadas por ejemplos contrarios. Existe siempre la posibilidad de encontrar pruebas que no se ajusten a la teoría. La *inducción* de “proposiciones generales a partir de un número finito de casos particulares” no tiene la misma categoría lógica que el proceso inverso, la *deducción* de “casos particulares a partir de una proposición general”. El *inductivismo* no es una epistemología científica fundamental. Existe siempre cierta inseguridad e incertidumbre en la justificación del conocimiento científico. (ZIMAN, 1986)

La lógica se ocupa de la deducción de unos enunciados a partir de otros dados:



La razón o el motivo, generalmente un conjunto de fórmulas, se llama *explanans*, “lo que explica”. Lo que se explica se llama *explanandum*, “lo que hay que explicar”. La deducción va *del explanans al explanandum* y se basa en la lógica. Una explicación va al revés que una deducción, va *del explanandum al explanans*.

Según Bunge, una explicación es algo más que una deducción y presenta los siguientes rasgos: (i) consiste en responder a cuestiones tipo *porqué* (aspecto *pragmático*); (ii) que se refiere a fórmulas, las cuales pueden o no referir a su vez a hechos y estructuras (aspecto *semántico*); (iii) consiste en una argumentación lógica con proposiciones generales y particulares (aspecto *sintáctico*); (iv) explicar un hecho expresado por un explicandum es insertar ese hecho en un esquema nomológico expresado por la(s) ley(es) o regla(s) implicadas por el explicans (aspecto *ontológico*) y (v) la explicación procede a la inversa de la deducción (aspecto *gnoseológico*). De hecho, lo dado al principio en la explicación es el explicandum, mientras que lo que hay que hallar son los miembros del explicans. (BUNGE, 1983)

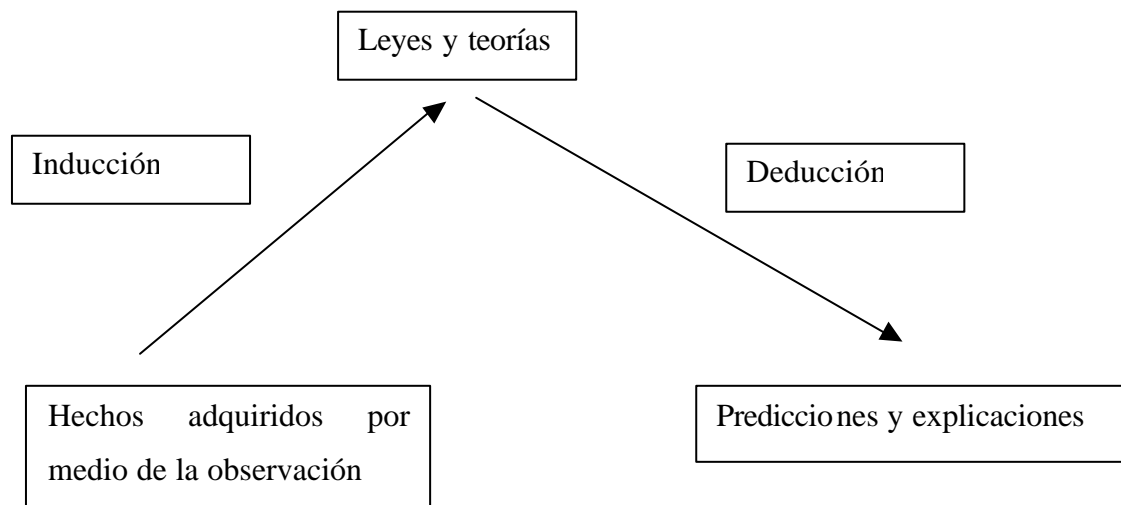
Según Ferrater-Mora, la explicación se llama “*nomológico-deductiva*”. Matiza que aunque a menudo se habla de hechos, el argumento nomológico-deductivo está constituido por enunciados. La diferencia entre “hecho” y “enunciado” es fundamental, no sólo porque se trata de un argumento deductivo, sino también porque explicar un hecho equivaldría a tener en cuenta el número (posiblemente infinito) de sus aspectos, lo que haría difícil una explicación completa. El explanandum no tiene porque ser necesariamente un efecto, igual que los explanans no son necesariamente causas, más aún cuando se trata de conexiones simultáneas. (FERRATER MORA, 1994)

Es interesante indicar, según expone Ferrater Mora, que si las leyes no son universales, sino leyes en las cuales se afirma que, dadas ciertas condiciones, hay cierta probabilidad de que tenga lugar un fenómeno de determinada clase, ya no es posible hablar de explicación nomológico-deductiva. La explicación sigue siendo nomológica, es decir, ajustada a leyes, pero el explanandum no se deriva lógicamente del explanans y, por tanto, el término deductivo sobra. Se habla entonces de explicación *nomológico-probabilista*. (FERRATER MORA, 1994)

El rasgo gnoseológico de la explicación da razón de su poder genético, esto es, de su capacidad de producir hipótesis. La lógica y la deducción no pueden establecer la verdad de unos enunciados fácticos. Lo único que la lógica puede ofrecer a este respecto es que, si las premisas son verdaderas, entonces la conclusión debe ser verdadera. En un sentido fuerte, la lógica no es fuente de nuevas verdades. En contraposición, la gran fuerza de la lógica es su carácter preservador de la verdad. (CHALMERS, 2000)

Si la lógica no predice, no parece que se pueda crear empleando la lógica. Si una propuesta creativa no proviene de la lógica, la lógica sola tampoco la puede “anular”. En los métodos creativos, como el Brainstorming, existe una regla según la cual “los juicios están prohibidos”. Sólo se debe anular una idea tras una verificación posterior, nunca “porque parece ilógica”.

En el esquema siguiente se indica de una forma gráfica en que consisten tanto la inducción como la deducción:



*Figura 7.2.5.6-1. Diferencia entre Inducción y Deducción*

Chalmers indica que la discusión indicada acerca de la naturaleza de la lógica demuestra que el conocimiento científico no puede derivarse de los hechos, si “derivar” se interpreta como “deducir lógicamente”. Según Chalmers, la nitidez de este punto es ilustrada por un ejemplo atribuido a Bertrand Russell. Cuenta que un pavo descubrió en su primera mañana en la granja que le daban comida a las 9. Después de ver repetida la experiencia diariamente durante semanas, el pavo creyó que podía seguramente sacar la conclusión “Siempre como a las 9 de la mañana”. Pero, finalmente, se demostró de manera indudable que esta conclusión era falsa cuando, la víspera de la Navidad, en vez de darle la comida le cortaron el cuello. El razonamiento del pavo le condujo desde un número de observaciones verdaderas a una conclusión falsa, lo que indica claramente la invalidez del razonamiento desde el punto de vista lógico. (CHALMERS, 2000)

Los razonamientos que parten de un número finito de hechos hasta una conclusión general, se llaman razonamientos *inductivos*, para distinguirlos de los razonamientos lógicos, *deductivos*. Las leyes científicas generales van invariablemente más allá de la cantidad finita de la evidencia observable que las soporta. No pueden ser probadas en el sentido de ser deducidas lógicamente de la evidencia. ¿Qué constituye un buen *argumento inductivo*? ¿Bajo que circunstancias es lícito aseverar que una ley científica ha sido “derivada” de un número finito de pruebas observacionales y experimentales? Un primer intento consiste en exigir que, para justificar la inferencia inductiva desde los hechos hasta las leyes, sean satisfechas las condiciones siguientes: (CHALMERS, 2000)

- El número de enunciados observacionales debe ser grande.
- Las observaciones se deben repetir en una amplia variedad de condiciones.
- Ningún resultado observacional debe contradecir la ley universal derivada.

O sea, gran cantidad de observaciones en amplia variedad de condiciones y que no falle ninguna. Puede resumirse en el siguiente enunciado del *principio de inducción*: *Si en una amplia variedad de condiciones se observa una gran cantidad de A y si todos los A observados poseen sin excepción la propiedad B, entonces todos los A tienen la propiedad B.*

Es un problema la vaguedad de “*gran número*” ¿cien, mil, más? Depende del suceso a observar. En el caso del impacto de una bomba nuclear sólo basta una. Si no se pueden eliminar las variaciones “superfluas”, nunca podrán ser satisfechas las condiciones bajo las cuales la inferencia inductiva pueda ser aceptada. El depósito de conocimientos ayuda a juzgar cuál es una circunstancia relevante que puede ser necesario modificar a la hora de investigar la generalidad de un efecto investigado.

Chalmers indica que “cada razonamiento inductivo involucra la llamada a un conocimiento previo, que requiere un razonamiento inductivo que lo justifique, que a su vez implica una llamada a otro conocimiento previo, y así sucesivamente en una cadena sin fin”. Concluye pues, que, el requisito de que todo conocimiento se justifique por inducción se convierte en algo que no puede cumplirse. (CHALMERS, 2000)

Inductivismo es la postura que adoptan aquellos que consideran que el conocimiento científico se deriva de los hechos observables por algún tipo de inferencia inductiva. El inductivismo presenta otros problemas. A poco que se reflexione sobre el conocimiento científico contemporáneo, ha de admitirse que gran parte de él se refiere a lo *inobservable*. Se refiere a cosas tales como protones y electrones, genes y moléculas de ADN, etc. Otro problema tiene su origen en el hecho de que muchas leyes científicas toman la forma de leyes exactas que se formulan *matemáticamente*. Es sabido que toda observación está sujeta a un cierto grado de error. Es difícil entender cómo se podrían justificar leyes exactas sobre la base de evidencias inexactas. Chalmers indica que un tercer problema para el inductivista es el viejo y consabido chasco filosófico denominado el *problema de la inducción*. El problema surge para todo el que subscriba la opinión de que el conocimiento científico, en todos sus aspectos, deba ser justificado bien apelando a la lógica (inductiva), bien derivándolo de la experiencia. (CHALMERS, 2000)

Chalmers indica que David Hume pensaba así y expone un problema articulado por Hume: ¿Cómo se demuestra el principio de inducción? Existen dos opciones, o bien se justifica recurriendo a la lógica, o bien a la experiencia. La primera ya se ha visto que no sirve. Las inferencias inductivas no son inferencias lógicas. En cuanto a la segunda, esto es, el intento de justificar la inducción apelando a la experiencia, indica que, probablemente, sería algo así. Se ha observado que la inducción funciona en un gran número de ocasiones. Leyes de la óptica, leyes del movimiento planetario,... por tanto, debería ser válida en el resto de casos. Esta justificación de la inducción es inaceptable, para lo cual indica:

El principio de inducción funcionó con éxito en la ocasión A1

El principio de inducción funcionó con éxito en la ocasión A2. Etc.

---

El principio de inducción funciona siempre.

Esto implica justificar la inducción apelando a la inducción y es, por tanto, completamente insatisfactoria.

### 7.2.5.7 Ciencia: Certeza o probabilidad

Un intento de evitar el problema consiste en no aspirar a un conocimiento científico verdadero, y conformarse con demostrar que el conocimiento científico es *probablemente verdadero*. De acuerdo con esto: “Si en una amplia variedad de condiciones se ha observado un gran número de *A*, y si todos los *A* observados poseen la propiedad *B*, entonces, probablemente, todos los *A* poseen la propiedad *B*”. Basándose en un número finito de éxitos, implica que todas las aplicaciones del principio conducirán a conclusiones probablemente verdaderas. (CHALMERS, 2000).

Existe otro problema sobre los argumentos inductivos que conducen a la verdad probable. Este surge cuando se trata de precisar cuan probable es una ley a la luz de una evidencia específica. Parece plausible que si aumenta el número de casos observados, aumente la probabilidad de una ley. Según la teoría de probabilidades, la probabilidad de una ley general es igual a cero, sea cual fuere la evidencia observacional. Cualquier evidencia observacional consta de un número finito de enunciados observacionales, mientras que una ley general hace afirmaciones acerca de un número infinito de casos. La probabilidad de la ley es un número finito dividido por infinito, lo cual es cero por mucho que aumente el número finito de pruebas. (CHALMERS, 2000)

Chalmers continúa con otro ejemplo:

1. El agua completamente pura se congela a unos 0° C
2. El radiador de mi coche contiene agua completamente pura.
3. Si la temperatura baja a 0° C, el agua del radiador de mi coche se congelará

Es un ejemplo de argumentación lógica válida para deducir la predicción 3 del conocimiento científico contenido en la premisa 1. Si 1 y 2 son verdaderas, 3 debe ser verdadera. Sin embargo, la verdad de 1, 2 y 3 no se establece gracias a ésta o a otra deducción. Para un inductivista, la fuente de la verdad no es la lógica, sino la experiencia. Desde este punto de vista, 1 se determinará por *observación directa* del agua congelada. Una vez que se han establecido 1 y 2 mediante la observación y la inducción, se puede *deducir* de ellas la predicción 3.

Ejemplos menos triviales serán más complicados, pero los papeles que desempeñan la observación, la inducción y la deducción siguen siendo en esencia los mismos. Para el inductivista la premisa 1 suelen ser *leyes y teorías* (la óptica), y la premisa 2 suelen ser *condiciones iniciales* (geométricas). Dado que las leyes son verdaderas (y para el inductivista ingenuo eso se establece por inducción a partir de la observación) y dado que las condiciones iniciales están bien descritas, se sigue la deducción (el arco iris).

1. Leyes y teorías
2. Condiciones iniciales

---

3. Predicciones y explicaciones

La concepción inductivista básica de la ciencia tiene ciertos méritos aparentes. Su atractivo reside en que proporciona una explicación formalizada de las intuiciones comunes acerca del conocimiento científico, esto es, de su objetividad, confiabilidad y utilidad. La objetividad de la ciencia, para el inductivista, deriva de que la observación, la inducción y la deducción son consideradas objetivas. Se entiende que los hechos observables son establecidos sin prejuicios de los sentidos, evitando la opinión subjetiva. La fiabilidad de la ciencia se sigue de las afirmaciones del inductivista acerca de la observación y de ambos razonamientos, el inductivo y el deductivo. Según el inductivista ingenuo, los enunciados observacionales se pueden establecer directamente y con seguridad de los sentidos. Esta seguridad se transmitirá a las leyes y teorías derivadas de ellos inductivamente siempre que se respeten las condiciones para generalizaciones inductivas adecuadas. Esto está garantizado por el principio de inducción, que se supone que forma la base de la ciencia.

Se ha visto que la posición inductivista necesita, en el mejor de los casos, una matización severa, y en el peor, es totalmente inadecuada. Los hechos apropiados para la ciencia no son de ninguna manera dados directamente sino que tienen que ser prácticamente contruidos, dependen, del conocimiento que presuponen y están sujetos a ser mejorados y reemplazados. No es posible ofrecer una especificación precisa de la inducción de modo que pueda servir para distinguir una generalización justificada de los hechos de otra rápida y apresurada, tarea ésta formidable, dada la capacidad de sorprender que tiene la naturaleza; sirva de ejemplo el descubrimiento de que los líquidos superrefrigerados pueden fluir hacia arriba.



Bunge indica que, tanto la predicción como la retrodicción, pertenecen a la familia presidida por las nociones de anticipación y retrospección. Distingue los siguientes miembros de esa familia: (i) *expectativa*, que es una actitud automática de anticipación que se encuentra en todos los animales superiores; (ii) *conjetura*, intento consciente – pero no racionalmente justificado – de representarse lo que es, fue o será, sin fundamento de base; (iii) *profecía*, o conjetura en gran escala, basada en el supuesto fundamento de la revelación o de otra esotérica “ciencia” oculta...; (iv) *prognosis*, o conjetura informada, o predicción de sentido común, que es una previsión basada en generalizaciones empíricas más o menos tácitas; y (v) *predicción* (o retrodicción) científica, que es una previsión (o retrovisión) basada en teorías y datos científicos (o tecnológicos). (BUNGE, 1983)

Bunge indica que la predicción científica es tan condicional como la prognosis, pero más afinada que ésta. Las generalizaciones son explícitas, no tácitas, y son leyes o teorías. La estructura lógica de la proyección es la misma que tiene la explicación, la de una inferencia deductiva a partir de leyes y datos.

{Ley(es), Circunstancia(s)} → *Proyectandum* (Ec. 7.2.5.1)

Las premisas de la argumentación pueden llamarse *premisas del proyectans* y la conclusión *proyectandum* (lo predicho o retrodicho). La predicción puede ser tanto la argumentación o inferencia, como la conclusión. Se diferencia con la explicación en que el *proyectandum* no es una proposición cualquiera, sino una proposición singular con referencia factual, y nunca un enunciado legaliforme. En las predicciones siempre hay un riesgo asociado a los posibles cambios de ritmo de algunas características del proceso, no así en las explicaciones. Cuanto más madura es una ciencia tanto más precisas son las predicciones que permite, y tanto más puede aprender de sus fracasos y de sus éxitos al proyectar. Para que una proyección cuente como pieza de contrastación de una teoría científica tiene que especificar sin ambigüedades el hecho proyectado, de tal como que pueda reconocerse sin equívocos. El contenido proyectivo suele ser igual a la probabilidad, basándose en que las proyecciones mejores son las que más probablemente se cumplirán.

Bunge estudia algunos rasgos de la proyección que no caracterizan la explicación. Cuando se deriva una proyección, se utiliza la lógica ordinaria; esto implica que las premisas tienen un valor veritativo definido, aun sabiendo que por lo común son groseras aproximaciones y que los valores veritativos tendrán posiblemente que modificarse una vez contrastada la proyección. Se adopta una **teoría dualista de la verdad**, compatible con una gnoseología falibilista. Supone que toda premisa factual que se presenta en un razonamiento (en la derivación de una predicción) se afirma como pura y verdadera (o falsa) en interés del razonamiento, y, al mismo tiempo, como aproximadamente verdadera por lo que hace a su correspondencia con los hechos, según contrastación empírica.

Las contrastaciones empíricas que permiten atribuir un valor veritativo completo (empírico y teórico) a una proyección pueden no ser definitivas. Los valores veritativos empíricos **dependen del tiempo**. Decir que la verdad depende del tiempo es lo mismo que decir que los valores veritativos se atribuyen en base a un cuerpo de conocimiento que cambia en el tiempo. Es lo mismo que decir que la verdad es contextual, que no es una verdad intrínseca de las proposiciones, sino que es relativa al sistema que efectivamente se utilice en la atribución de valores veritativos. La verdad factual no es inherente de las proposiciones, sino que se afirma de las proposiciones. La verdad y la falsedad factuales no son caracteres innatos, sino adquiridos. (BUNGE, 1985)

Según Seiffert, en **Introducción a la Teoría de la Ciencia**:

“incluso las predicciones astronómicas sólo pueden hacerse siempre bajo la cláusula **rebus sic stantibus** (tal como ahora están las cosas) o **ceteris paribus** (si todo lo demás permanece igual). Eso significa: aunque las leyes como tales sean “seguras”, las condiciones marginales pueden haberse desplazado tanto, que el suceso predicho ya no pueda producirse. (...) Por tanto, las predicciones son en principio inseguras. Por eso se pregunta si **en general pueden ser objeto de la ciencia.**” (...) “La ciencia trabaja con estados de cosas y, por cierto, con estados de cosas existentes, es decir, con **hechos**. Pero los estados de cosas sólo pueden darse – por la irreversibilidad del tiempo – en el presente y en el pasado, **no en el futuro**”. Según él: las predicciones nunca pueden aplicar el acto de conocimiento a estados de cosas futuros. Sólo podemos conocer sucesos presentes y pasados” (SEIFFERT, 1977)

Steffert concluye:

“Así, pues, cuando Popper dice: “Desde el punto de vista de la utilidad práctica de la ciencia está bastante clara la importancia de las prognosis científicas”, eso sólo puede significar: ciertamente necesitamos métodos científicos para poder hacer tales prognosis; pero las prognosis mismas no son ningún enunciado científico y por eso no tienen ninguna importancia para la ciencia misma”. Es importante diferenciar una “predicción de la naturaleza” de una “predicción tecnológica”. A la primera Popper la llama **Profecía**. La segunda depende mucho más de las acciones del hombre, es más constructiva y es casi independiente del tiempo. (SEIFFERT, 1977)

Ziman indica que:

“Ante la imposibilidad lógica de justificar la inducción, la ciencia ha tenido que crear estrategias intelectuales que no pretendan llegar a conclusiones absolutamente ciertas mediante argumentos formales”. De hecho, una vez se reconoce que todo el conocimiento científico es incierto, hay mucho más espacio para maniobrar epistemológicamente. (ZIMAN, 1986)

La idea de que la “verdad” científica no tiene por qué ser un atributo de “todo o nada” lleva inevitablemente al concepto de probabilidad. En el habla cotidiana suele decirse que una proposición general cuya veracidad no puede probarse es “sumamente probable” a juzgar por los datos disponibles. Aunque esto es una confesión de incertidumbre o ignorancia, también sugiere un elevado grado de confianza en que la proposición demostrará ser merecedora de mucha más atención. Para la mayor parte de los efectos prácticos, sería suficiente con demostrar que las proposiciones científicas son tan, tan probables, que bien se las podría considerar como completamente verdaderas. (ZIMAN, 1986)

Si se han realizado 100 observaciones, en circunstancias conocidas, y se ha observado un fenómeno que parece repetitivo, ¿puede inferirse que este fenómeno, bajo estas circunstancias conocidas, se observará siempre? Es un caso ideal para aplicar la **ley de sucesión**: “Si todo lo que se sabe de un acontecimiento es que hasta ahora ha habido  $n$  ocasiones en las cuales podría haber ocurrido, y que ha sucedido en todas ellas, entonces la probabilidad de que ocurra en la próxima ocasión posible será  $(n + 1) / (n + 2)$ ” Según este teorema, la probabilidad que en la próxima observación se observe el fenómeno es pues, de 101/102, es decir, superior al 99 por ciento. (ZIMAN, 1986)

Cualquier proposición generalizada que posea este grado de certeza sería tenida por “*sumamente significativa*”, por lo que está justificado un juicio intuitivo de que las pruebas son “*muy convincentes*”. En la práctica, los datos que se disponen suelen ser confusos y “ruidosos”, asociados a distribuciones estadísticas, en los que a menudo se requiere un análisis matemático muy complejo para decidir si una correlación observada podría haber surgido más o menos por casualidad, sin alguna conexión causal conjeturada. Pero, el principal reparo al empleo de la ley de sucesión, o de cualquier otro cálculo de probabilidades formal, para justificar una inferencia inductiva radica en que es casi imposible tomar en consideración todo el conocimiento tácito relativo a la situación. Todas las pruebas realizadas no son exactamente idénticas. (ZIMAN, 1986)

Este tema vuelve a su punto de partida, que es la consabida utilización del vocablo “probabilidad” para representar algún grado relativo de “verdad” o de “creencia racional”. No es ésta una utilización vacía, puesto que refleja de modo aproximado la postura que se adopta normalmente ante acontecimientos en los que la casualidad realmente desempeña un papel significativo, pero no es posible axiomatizarla para que dé resultados cuantitativamente objetivos. El enfoque probabilista de la inferencia científica es instructivo como esquema metafórico de justificación que está más o menos de acuerdo con la práctica investigadora, pero no proporciona un “método” epistemológico riguroso para la ciencia en conjunto. (ZIMAN, 1986)

La relación entre predicción y explicación no es simétrica ni transitiva. Así, por ejemplo, se puede comprender cómo se producen los terremotos y se puede explicar el mecanismo de los huracanes sin poder predecirlos. Desde el punto de vista epistemológico, no obstante, sin duda el éxito de una predicción científica reforzará la credibilidad de la hipótesis en que se basaba. Por otro lado, hay que reconocer que si esta prueba concreta fracasara – si no se obtuviese el resultado predicho –, ello sería extremadamente significativo. En términos lógicos estrictos, un solo caso refutatorio – por ejemplo, una única observación de un cisne negro – puede empíricamente falsar una generalización de la que antes no se dudaba. Este es el argumento epistemológico que aprovechó Karl Popper para probar que la falsabilidad empírica tiene que ser una propiedad intrínseca de todas las teorías científicas. Hace hincapié en que todas las pruebas encaminadas a validar una teoría deben ser genuinas por cuanto han de ofrecer la clara posibilidad de dar un resultado refutatorio. (ZIMAN, 1986)

¿Describe la ciencia el mundo “tal como es realmente”? No es posible responder a esta pregunta sin efectuar una inmersión profunda en la ontología: la rama de la filosofía que trata de la “existencia” en su sentido más amplio, incluyendo, por supuesto, la existencia de objetos en el mundo cotidiano como, por ejemplo, los destornilladores, así como entidades más paradójicas como pueden ser los unicornios. (ZIMAN, 1986)

Es evidente que en la existencia hay algo más que “materia” y “vacío”. Para el físico o el ingeniero, la realidad de esas cantidades invisibles llamadas “energía”, “cantidad de movimiento”, “entropía”, no son discutibles. Muchas entidades teóricas parecen tener poca conexión con el mundo conocido. Lo que se llama realidad lógica no se deriva exclusivamente de lo que resulta aparente de modo inmediato al ojo y al oído, sino que también se construye por inferencia a partir de informaciones de muchas otras clases. ¿En qué momento se hicieron reales los “genes” o los “virus”? En cierto período de la historia de la ciencia, esto eran meras conjeturas, no más creíbles que muchos conceptos o modelos rivales como, por ejemplo, el “plasma germen” o los “vapores nocivos”. ¿Eran estos también “reales” a la sazón o se nos permite el lujo de mirarlos retrospectivamente y declarar que eran ficticios? A partir de tales ejemplos históricos ¿cómo se puede defender la realidad de cualquier entidad teórica contemporánea que igualmente podría resultar ser fruto de una viva imaginación científica? La propia dualidad onda-partícula de los electrones, totalmente válida en el formalismo de la mecánica cuántica, resulta difícil de creer por ser una “realidad” contradictoria. (ZIMAN, 1986)

El punto de vista convencionalista puede justificarse epistemológicamente arguyendo que una teoría científica nunca es más que una metáfora que explica los fenómenos por analogía. Así pues, el convencionalismo deja la puerta abierta al relativismo epistemológico. Uno de los principios básicos de la sociología del conocimiento es que diferentes grupos sociales adoptan, de manera totalmente natural y apropiada, diferentes convencionalismos conceptuales al trazar sus mapas de los hechos de la vida. La estrecha vinculación entre los factores cognitivos y sociales se hace evidente en la teoría general del cambio científico que Thomas Kuhn propuso en 1963. Kuhn arguyó que el mejor modo de describir empíricamente el cambio científico era hacerlo en términos de períodos relativamente largos de ciencia normal puntuados de manera nítida por revoluciones profundas. (ZIMAN, 1986)

Por norma, un campo de la ciencia se halla dominado por un paradigma, el cual es aceptado, prácticamente sin discusión, por los científicos que trabajan en él. El elemento central de tal paradigma es un sistema teórico comprobado y al parecer exhaustivo. Asociados a esta teoría se encuentran metodologías paradigmáticas de investigación y técnicas para la resolución de problemas. (ZIMAN, 1986)

A medida que avanza la investigación dentro de un paradigma se advierten anomalías. Ciertos fenómenos observables parecen no tener explicación dentro del marco teórico y técnico del paradigma. El propio paradigma dominante empieza a tambalearse, modificándose drásticamente apareciendo una fase revolucionaria resultado de la cual puede aparecer una nueva teoría exhaustiva que se ajusta a los hechos aceptados anteriormente y que también sirve para explicar las anomalías, apareciendo como resultado un nuevo paradigma. Esto es lo que sucedió cuando la teoría de la relatividad de Einstein desplazó a la mecánica newtoniana. (ZIMAN, 1986)

La teoría de la revolución científica de Kuhn no explica de manera adecuada la historia de la ciencia en toda su diversidad, pero ha hecho una gran aportación a la filosofía de la ciencia por llamar la atención sobre cierto número de efectos sociodinámicos, sobretudo al remarcar la existencia de “colegios invisibles” de científicos que establecen comunicación entre ellos y que luego se reúnen de modo más formal para crear vínculos de comunicación, distribuir los recursos, estratificar la autoridad y así sucesivamente. Según menciona Ziman, se forma lo que Ludwik Fleck ha denominado un “colectivo de pensamiento”, cuyos miembros comparten un “estilo de pensamiento” característico. Para Ziman, al trasladar de esta manera el énfasis del “paradigma” como abstracción intelectual al “colectivo de pensamiento” como grupo social identificable, se descubre la fuente de su influencia sobre el individuo. (ZIMAN, 1986)

## 7.2.6 El Teorema de Gödel

En 1931, el brillante lógico matemático austríaco, Kurt Gödel (1906-1978), presentó un sorprendente teorema que destrozaba la esperanza de Hilbert en demostrar que cualquier sistema matemático con axiomas y reglas de inferencia estaba libre de contradicción. El título del trabajo realizado por Gödel era: “*Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme*” (“**Sobre las proposiciones formalmente indecibles de los Principia Mathematica y sistemas conexos**”). Nagel, en *el Teorema de Gödel*, describe como Gödel demostró el teorema que lleva su nombre y, adicionalmente, describe cuales fueron las preocupaciones de los matemáticos de su época, las cuales le llevaron a estudiarlo. Los *Principia Mathematica* son el monumental tratado debido a Alfred North Whitehead y Bertrand Russell sobre la lógica matemática y los fundamentos de las matemáticas. (NAGEL, 1970)

Cuando la Universidad de Harvard le investió doctor honoris causa en 1952, la mención describió la obra como uno de los más importantes avances dentro de la lógica que se han realizado en los tiempos modernos. (PENROSE, 1996) “Las conclusiones establecidas por Gödel son por todos reconocidas como verdaderamente revolucionarias por su honda significación filosófica” (NAGEL, 1970) “De sus teoremas de completitud derivan consecuencias decisivas para los fundamentos de las matemáticas y de las ciencias de la computación” (DAWSON, 1999)

El *método axiomático* consiste en aceptar sin prueba ciertas proposiciones como axiomas o postulados y en derivar luego de esos axiomas todas las demás proposiciones del sistema, en calidad ya de teoremas. Según Nagel, los axiomas constituyen los “cimientos” del sistema; los teoremas son la “superestructura”, y se obtienen a partir de los axiomas sirviéndose, única y exclusivamente, de los principios de la lógica. De esta forma, **los principios son deducidos de los axiomas**. (NAGEL, 1970).

La geometría, paradigma del método axiomático, ha sido considerada como el más excelente modelo de conocimiento científico. Como consecuencia apareció la pregunta de si era posible asentar sobre un cimiento axiomático otras ramas de pensamiento además de la geometría. (NAGEL, 1970)

La aplicación del método axiomático sugiere que todos los campos de la matemática pueden dotarse de axiomas susceptibles de desarrollar la infinita totalidad de proposiciones dentro de cada campo. Gödel demostró que esto no es sostenible. Mostró que el método axiomático posee limitaciones intrínsecas que excluyen la posibilidad de que pueda llegar a ser plenamente axiomatizado. Demostró que es imposible establecer la consistencia interna de una amplia clase de sistemas deductivos a menos que se adopten principios tan complejos que su consistencia interna quede sujeta a la duda. El teorema de Gödel da la posibilidad, mediante intuición directa, de ir más allá de las limitaciones de cualquier sistema matemático formalizado. Su teorema provocó una nueva valoración, todavía en trance de desarrollo, de una extendida filosofía de la matemática y de la filosofía del conocimiento en general. (NAGEL, 1970).

Según un axioma de Euclides, por un punto exterior a una recta solamente puede trazarse una paralela a esta recta. Este axioma no pareció evidente a los antiguos, los cuales trataron de deducirlo de otros axiomas que consideraban autoevidentes. En el siglo XIX se demostró la imposibilidad de deducirlo de otros axiomas. Este resultado sirvió para demostrar la **imposibilidad de demostrar** ciertas proposiciones dentro de un determinado sistema. El trabajo de Gödel es una demostración de la imposibilidad de demostrar ciertas proposiciones de la aritmética. Se observó que pueden construirse nuevos sistemas de geometría utilizando axiomas distintos a los adoptados por Euclides. Existen geometrías que sustituyen el axioma de las paralelas por la hipótesis de que, por un punto dado, puede trazarse más de una paralela, o, alternativamente, por la hipótesis de que no puede trazarse ninguna paralela (geometría riemanniana). (NAGEL, 1970)

Una nueva visión cambió la tarea del matemático. Consistía en **deducir teoremas a partir de hipótesis postuladas**, sin cuestionarse si los axiomas son realmente verdaderos. Puede generar hipótesis y hacer deducciones lógicas hasta llegar a teoremas que no tienen porque tener sentido físico en la naturaleza. Se hizo evidente que la matemática extrae las conclusiones lógicamente implicadas en cualquier conjunto de axiomas o postulados. No se requieren significados especiales asociados con los postulados. Sólo interesa saber si las conclusiones obtenidas son las **consecuencias lógicas necesarias** de las hipótesis iniciales. A esto es a lo que se refiere Russell: “la matemática pura es la ciencia en la que no sabemos de qué estamos hablando ni si lo que estamos diciendo es verdadero”. (NAGEL, 1970).



Esta concepción de la matemática permitió la aparición de nuevas álgebras y geometrías que señalaron importantes desviaciones respecto de las matemáticas tradicionales. Esta libertad de pensamiento llevó a una gran variedad de sistemas de considerable interés matemático. Muchos de estos sistemas no se prestaban a interpretaciones intuitivas en aquel momento. “La intuición, en realidad es una facultad elástica; nuestros hijos no encontrarán, probablemente, dificultad alguna en aceptar como intuitivamente evidentes las paradojas de la relatividad, del mismo modo que nosotros no retrocedemos ante ideas que eran consideradas completamente no intuitivas hace un par de generaciones. Además, la intuición no es una guía segura. No puede ser utilizada adecuadamente como criterio de verdad ni de fecundidad en las exploraciones científicas”. (NAGEL, 1970)

Esta abstracción de las matemáticas planteó el problema de ver si un conjunto de postulados de un sistema es *internamente consistente*, que impida la deducción de teoremas mutuamente contradictorios a partir de esos postulados. En la geometría riemanniana, no intuitiva, los postulados no se corresponden con el espacio de la experiencia ordinaria. ¿Cómo se demuestra que no conducen a teoremas contradictorios? Esta cuestión era importante en las geometrías no euclidianas. Se empleó un método consistente en encontrar un “modelo” para los postulados abstractos de un sistema, de tal modo que cada postulado se convierta en una afirmación verdadera respecto del modelo. Se llegó a la conclusión de que la geometría riemanniana era consistente si era consistente la geometría euclidiana. ¿Son consistentes por sí mismos los axiomas del sistema euclideo? (NAGEL, 1970).

Puede parecer que por ser los axiomas euclidianos verdaderos, esta geometría es, por lo tanto, consistente. Además, los axiomas están de acuerdo con la actual, aunque limitada, experiencia del espacio y parece justificado extrapolar de lo particular a lo universal. Pero esta respuesta no es aceptable para los matemáticos. Por muchas pruebas inductivas que puedan aducirse en apoyo de esta postura, la mejor demostración sería lógicamente incompleta. Subsiste la posibilidad de que un hecho hasta ahora inobservado pueda contradecirlos y destruir así su pretensión de universalidad. Lo más que pueden mostrar las consideraciones inductivas es que los axiomas son plausibles, o probablemente verdaderos. (NAGEL, 1970).

Hilbert transformó los axiomas de Euclides en expresiones algebraicas (coordenadas cartesianas). Convirtió el espacio en números. Demuestra que si el álgebra es consistente también lo es su sistema geométrico. La prueba depende de la supuesta consistencia de otro sistema, no es una prueba “absoluta”. En el intento de resolver el problema de la consistencia late siempre una permanente fuente de dificultad: los axiomas son interpretados por modelos compuestos de un número infinito de elementos. Esto impide encerrar los modelos en un número finito de observaciones; de ahí que la verdad de los axiomas sea objeto de duda. (Cuervo blanco) (NAGEL, 1970).

En zonas de la matemática donde las hipótesis acerca de conjuntos finitos desempeñan un importante papel, han surgido contradicciones radicales, pese a la intuitiva claridad de las nociones implicadas en las hipótesis y pese al carácter aparentemente consistente de las construcciones realizadas. Estas contradicciones (“antinomias”) han aparecido en la teoría de los números transfinitos de Cantor. Aparece la cuestión de si formulaciones de otras partes de las matemáticas no se hallarán afectadas de contradicciones similares a las encontradas en la teoría de las clases infinitas. (NAGEL, 1970)

Bertrand Russell construyó una contradicción dentro de la lógica elemental, que es precisamente análoga a la contradicción primeramente desarrollada en la teoría cantoriana de las clases infinitas. La antinomia de Russell puede enunciarse del siguiente modo. Las clases son de dos tipos: las que no se contienen a sí mismas y las que sí se contienen. Una clase será llamada “*normal*” si, y solamente si, no se contiene a sí misma; en otro caso se la llamará “*no normal*”. Sea “*N*” la clase de todas las clases normales. Si *N* es normal, es un miembro de sí misma; pero, en este caso *N* no es normal por autocontenerse. Por otra parte, si *N* es no normal, es un miembro de sí misma; pero, en este caso, *N* es normal, por ser los miembros de *N* normales. En resumen, *N* es normal si, y solamente si, *N* es no normal. De lo que se desprende que la afirmación “*N es normal*” es verdadera y falsa a la vez. Esta fatal contradicción se produce como consecuencia de utilizar sin espíritu crítico una noción aparentemente diáfana de clase. Posteriormente fueron encontrándose otras paradojas, construidas todas por medio de familiares y aparentemente convincentes modos de razonamiento. Los matemáticos acabaron comprendiendo que, en la tarea de desarrollar sistemas consistentes, la familiaridad y la claridad intuitiva son soportes harto débiles en que apoyarse. (NAGEL, 1970).

Las limitaciones de los modelos para demostrar la consistencia y la creciente aprensión de que muchos sistemas matemáticos pudiesen albergar contradicciones internas condujeron a nuevas formas de abordar el problema. Hilbert buscó pruebas *“absolutas”* con las que demostrar la consistencia de los sistemas sin depender de la supuesta consistencia otro sistema. El primer paso es la *completa formalización* de un sistema deductivo (signos vacíos). Implica extraer todo significado de las expresiones existentes. Se plasman un conjunto de reglas de manipulación estos signos y se construye un sistema de signos (cálculo). (NAGEL, 1970).

Un sistema formalizado deja a la vista las relaciones lógicas existentes entre las proposiciones matemáticas. Las declaraciones significativas acerca de un sistema matemático carente de significado no pertenecen plenamente a dicho sistema. Pertenecen a lo que Hilbert denominó “metamatemáticas”, al lenguaje que se formula acerca de las matemáticas. Comprender de la diferencia entre matemáticas y metamatemáticas permite mostrar la estructura lógica del razonamiento matemático. Da origen a una codificación de los signos que entran en un cálculo formal, libre de engañosas suposiciones y de irrelevantes asociaciones de ideas. Hilbert esperaba demostrar que no pueden obtenerse fórmulas formalmente contradictorias a partir de los axiomas. Una prueba “absoluta” logra sus objetivos utilizando un mínimo de principios de deducción y no presupone la consistencia de ningún otro conjunto de axiomas.

Puede ser útil comparar las metamatemáticas con la teoría del ajedrez. Éste se juega con 32 piezas sobre un tablero de 64 subdivisiones. Las piezas no tienen ningún significado “real” y se mueven según unas reglas. Las piezas y los cuadrados del tablero corresponden a los signos elementales del cálculo; las posiciones permitidas de las piezas sobre el tablero, a las fórmulas de cálculo; las posiciones iniciales de las piezas, a los axiomas, del cálculo; las subsiguientes posiciones de las piezas sobre el tablero, a las fórmulas derivadas de los axiomas (a los teoremas), y las reglas del juego, a las reglas de deducción establecidas para el cálculo. Una declaración “metaajedrecística” puede afirmar que hay veinte movimientos posibles de apertura para las piezas blancas, o que, dada una determinada configuración de piezas, y debiendo mover las blancas, éstas dan mate en tres jugadas. Pueden establecerse teoremas “metaajedrecísticos” generales, cómo que con dos caballos solos no es posible dar mate. El propósito de la teoría de prueba de Hilbert era demostrar la imposibilidad de derivar fórmulas contradictorias.

Con la publicación en 1847 de *The Mathematical Analysis of Logic*, de Boole, comenzó un renacimiento de los estudios lógicos. Otra línea de investigación trató de mostrar la matemática pura como un capítulo de la lógica formal, y quedó encarnado en los *Principia Mathematica* de Whitehead y Russell en 1910. Lo que Russell trataba de demostrar era que todas las nociones matemáticas pueden ser definidas en ideas estrictamente lógicas y que todos los axiomas de la aritmética pueden ser deducidos de un pequeño número de proposiciones básicas certificables como verdades estrictamente lógicas. *Principia Mathematica* parecía adelantar la solución del problema de la consistencia de los sistemas matemáticos mediante la reducción del problema al de consistencia de la lógica misma. No puede asegurarse que la reducción de la aritmética a la lógica practicada por Russell proporciona una respuesta final al problema de la consistencia. (NAGEL, 1970).

Nagel expone un ejemplo de una prueba absoluta de consistencia. Para ello formaliza una pequeña porción de los *Principia*: la lógica elemental de las proposiciones. La formalización la hace en cuatro fases: Primero, prepara un catálogo completo de los *signos* que se usan en el cálculo. Son su vocabulario. Segundo, establece las "*reglas de formación*". Tercero, expresa las "*reglas de transformación*". Finalmente, selecciona ciertas fórmulas como *axiomas* del sistema. La expresión "teorema de sistema" designa cualquier fórmula derivable de los axiomas aplicando las reglas de transformación. Su propósito es demostrar que el conjunto de axiomas no es contradictorio, es decir, demostrar "absolutamente" que, utilizando las reglas de transformación, es imposible derivar de los axiomas una fórmula  $S$  juntamente con su negación  $\sim S$ . Llega a la conclusión de que los axiomas del cálculo no permiten derivar tanto una fórmula como su negación. En resumen, demuestra una prueba absoluta de la consistencia del sistema. A la luz de esta conclusión, los axiomas son suficientes para engendrar todas las verdades lógicas susceptibles de ser expresadas en el sistema. De tales axiomas se dice que son "completos".

Ahora bien: frecuentemente ofrece interés extraordinario determinar si un sistema axiomatizado es completo. En efecto, un poderoso motivo para la axiomatización de diversas ramas de las matemáticas ha sido el deseo de establecer un conjunto de presunciones, a partir de las cuales puedan deducirse todas las declaraciones verdaderas de algún campo de investigación. (NAGEL, 1970).

Hasta hace poco se admitía incontrovertiblemente cierto la posibilidad de reunir un conjunto completo de axiomas para cualquier rama de las matemáticas. Los matemáticos creían que el conjunto propuesto para la aritmética era completo, o bien, podía completarse agregando un número finito de axiomas. El descubrimiento de que esto no surtiría efecto es uno de los logros de Gödel. (NAGEL, 1970)

¿Qué estableció Gödel? Dos conclusiones. En primer lugar, demostró que es imposible representar una prueba metamatemática de la consistencia de un sistema lo bastante comprensivo como para contener toda la aritmética. Gödel muestra que es improbable dar una prueba finitista de la consistencia de la aritmética. La segunda conclusión, demuestra que los *Principia*, o cualquier otro sistema dentro del cual pueda desarrollarse la aritmética, es *esencialmente incompleto*. En otras palabras: *“dado cualquier conjunto consistente de axiomas aritméticos, existen proposiciones aritméticas verdaderas que no pueden ser derivadas de dicho conjunto”*.

Un ejemplo clásico es el conocido como *“teorema de Goldbach”*, el cual afirma que todo número par es la suma de dos números primos. Este es un ejemplo de una proposición aritmética que puede ser verdadera, pero que puede no ser derivable de los axiomas de la aritmética. Aún cuando se ampliaran los axiomas de la aritmética con un número indefinido de otros axiomas verdaderos, siempre quedarían verdades aritméticas que no son formalmente derivables del conjunto ampliado. Existe, pues, una limitación intrínseca en el método axiomático considerado como un medio de sistematizar todo el conjunto de la aritmética. (NAGEL, 1970)

El cálculo proposicional constituye un ejemplo de un sistema matemático en el que se alcanzan plenamente los objetivos de la teoría de la demostración de Hilbert. Puede ser aplicado con éxito a sistemas más amplios, cuyo carácter, a la vez consistente y completo, puede ser demostrado mediante un razonamiento metamatemático. Una prueba absoluta de consistencia, por ejemplo, se ha logrado para un sistema de aritmética que permita la adición de números cardinales, aunque no la multiplicación. Pero, ¿es el método finitista de Hilbert lo suficientemente potente como para demostrar la consistencia de un sistema como *Principia*, cuyo vocabulario y cuyo aparato lógico son adecuados para expresar toda la aritmética y no simplemente un fragmento de ella?

Los intentos realizados para construir una prueba ... fueron inútiles. La publicación del trabajo de Gödel demostró que no era posible conseguirlo. Gödel demostró que las proposiciones metamatemáticas *acerca* de un cálculo aritmético formalizado pueden efectivamente ser representadas por fórmulas aritméticas *dentro* del cálculo. Gödel ideó un método de representación sumamente ingenioso que le permitió construir una fórmula correspondiente a la proposición metamatemática “*el cálculo es consistente*”. Este método le permitió demostrar que esta fórmula no es demostrable dentro del cálculo. De ahí se desprende que la proposición metamatemática no puede ser demostrada a no ser que se utilicen reglas de deducción que no puedan ser representadas dentro del cálculo, de tal modo que, al demostrar la proposición, se deben emplear reglas cuya propia consistencia pueda ser tan discutible como la consistencia de la misma aritmética. (NAGEL, 1970)

Nagel indica, referente a las pruebas de Gödel, que éste llegó a demostrar que si los axiomas del sistema formalizado de la aritmética son consistentes, una fórmula representada por *G* (muy importante para su desarrollo) es formalmente indecidible, en el preciso sentido de que ni *G* ni su contradictoria pueden ser formalmente deducidas de los axiomas. Puede que a primera vista esta conclusión no parezca importante. ¿Por qué es tan digno de mención, podría preguntarse, que pueda construirse dentro de la aritmética una fórmula que sea indecidible? Porque, aunque la fórmula *G* es indecidible, si los axiomas del sistema son consistentes, puede, no obstante, demostrarse mediante un razonamiento *metamatemático* que *G* es *verdadera*. Se ha establecido una verdad aritmética, no deduciéndola de los axiomas de la aritmética, sino por un argumento metamatemático. (NAGEL, 1970)

Los axiomas son “*completos*” si todas las proposiciones que pueden expresarse en el sistema son deducibles de los axiomas. Si no es éste el caso, es decir, si no toda proposición expresable en el sistema es deducible, los axiomas son “*incompletos*”. Pero, dado que se acaba de demostrar que *G* es una fórmula verdadera de la aritmética no deducible formalmente dentro de ella, se deduce que los axiomas de la aritmética son incompletos, sobre la hipótesis, naturalmente, de que sean consistentes. Son, además, *esencialmente* incompletos; aun cuando fuera introducida *G* como axioma, el conjunto así aumentado sería todavía insuficiente para producir *todas* las verdades aritméticas.

Esta importante conclusión se mantiene con independencia de las veces que se amplía el sistema inicial. El vasto continente de la verdad aritmética no puede ser reducido a un orden sistemático sentando de una vez para siempre un conjunto de axiomas del que pueda derivarse formalmente *toda* proposición aritmética verdadera. (NAGEL, 1970)

La proposición que estableció Gödel “si la aritmética es consistente, es incompleta”, puede demostrarse también que, *tomada como un todo*, está representada por una fórmula *demostrable* dentro de la aritmética formalizada. La proposición metamatemática “*la aritmética es consistente*” es equivalente a la proposición “*existe por lo menos una fórmula de la aritmética que no es demostrable*”. Esta es la interpretación metamatemática de una fórmula que en el cálculo formal puede venir representada por *A*. La fórmula *A* representa la cláusula antecedente de la proposición metamatemática “*si la aritmética es consistente, es incompleta*”. Gödel demuestra que si la aritmética es consistente, la fórmula *A* no es demostrable. ¿Qué significa esto? La fórmula *A* representa la proposición metamatemática “la aritmética es consistente” y se ha demostrado que *A* no es demostrable. Se puede concluir que si la aritmética es consistente, su consistencia no puede ser demostrada por ningún razonamiento metamatemático susceptible de ser representado dentro del formalismo de la aritmética. Es preciso evitar una errónea interpretación de este importante resultado del análisis de Gödel: no excluye una prueba metamatemática de la consistencia de la aritmética. Lo que excluye es la posibilidad de que una prueba de consistencia sea reflejada sobre las deducciones formales de la aritmética. (NAGEL, 1970)

Según Nagel, la importancia de las conclusiones de Gödel es de una trascendencia todavía no plenamente explorada. Señalan que aunque no lógicamente imposible, es improbable<sup>1</sup>, encontrar para todo sistema deductivo una prueba absoluta de consistencia que satisfaga los requisitos finitistas propuestos en el programa de Hilbert. Señalan que existe un número infinito de proposiciones aritméticas verdaderas que no pueden ser deducidas de un conjunto de axiomas. (NAGEL, 1970)

---

<sup>1</sup> Gödel no excluye la posibilidad de construir una prueba absoluta y finitista de consistencia para la aritmética. El demostró que ninguna prueba de este tipo puede ser representada dentro de la aritmética. No elimina la posibilidad de pruebas estrictamente finitistas que no puedan ser representadas dentro de la aritmética.

Según indica J. W. Dawson, en *Gödel y los límites de la lógica*<sup>1</sup>, los resultados obtenidos por Gödel apenaron a Hilbert, “quien había contemplado un programa para fijar los fundamentos matemáticos por medio de un proceso "autoconstructivo", mediante el cual la consistencia de teorías matemáticas complejas pudiera deducirse de la consistencia de más sencillas y evidentes. Gödel, por otra parte, no consideraba que sus teoremas de incompletitud demostrasen la inadecuación del método axiomático, sino que hacían ver que la deducción de teoremas no pueden mecanizarse. A su modo de ver, justificaban el papel de la intuición en la investigación matemática”. (DAWSON, 1999)

Es importante recordar lo también dicho por Dawson sobre Gödel: “Era, por contra, un platónico, convencido de que, además del mundo de los objetos, existe un mundo de los conceptos al que los humanos tienen acceso por intuición” (DAWSON, 1999) No es posible trazar ningún límite previo a la inventiva de los matemáticos en la ideación de nuevas reglas de prueba.

Las conclusiones de Gödel conducen a la cuestión de si podría construirse una máquina calculadora que llegara a equipararse en inteligencia matemática al cerebro humano. Dado un determinado problema, podría construirse una máquina que resuelva todos los problemas. Pero, aún así, el cerebro parece incorporar una estructura de reglas de operación mucho más poderosa que la estructura de las máquinas artificiales. No debe considerarse el teorema de Gödel como una invitación a la desesperanza ni como una excusa para la alusión al misterio. El descubrimiento de que existen verdaderas aritméticas que no pueden ser demostradas formalmente no significa que existan verdades que hayan de permanecer en una eterna imposibilidad de ser conocidas ni que una intuición mística deba reemplazar a la prueba convincente. No significa que existan “límites ineluctables a la razón humana”. Significa que los recursos del intelecto humano no han sido, ni pueden ser, plenamente formalizados, y que subsiste la posibilidad de descubrir nuevos principios de demostración.

---

<sup>1</sup> J. W. Dawson, Jr. es doctor en lógica y profesor de matemática en la universidad estatal de Pennsylvania en York y tiene a su cargo la coedición de las obras de Gödel. El artículo indicado apareció en la revista Investigación y Ciencia de Agosto, 1999, pág. 58-63.



Tal como indica José Fernando Isaza Delgado en *La Elusiva Certidumbre*<sup>1</sup>: “Tanto las teorías de caos y complejidad, como el teorema de Gödel, lejos de limitar la mente humana, permiten deducir que el sistema de pensamiento es más completo y – complejo – y que la lógica y el determinismo son solo una parte de los procesos mentales. En palabras de Hofstader “Ahora entendemos que la mente humana no es fundamentalmente una máquina lógica, sino una analógica, una máquina de aprendizaje, una máquina de intuición, una movida por la estética, con posibilidades de autocorrección.....”. El teorema de Gödel como lo expresa James Newman es “Una ocasión no para el desánimo, sino para una apreciación renovada de los poderes de la mente”. En pocos años se produce un cambio notable en la concepción científica del mundo. La ciencia reconoce que si bien su método tiene una alta capacidad predictiva y explicativa, los fundamentos en que se sostiene deben tener un carácter provisorio. Solo se acepta, en el concepto de Popper, como hipótesis científica aquella que puede ser refutada, los conceptos que no admiten experimento mental para desecharlos o para ir afianzándolos salen del campo científico y entran al de la metafísica.”

Las limitaciones de las máquinas calculadoras no implican que no se pueda llegar a una explicación de la materia viva y de la razón humana en términos físicos y químicos. La posibilidad de tales explicaciones no se halla excluida ni afirmada por el teorema de incompletitud de Gödel. El teorema indica que la estructura y la potencia de la mente humana son mucho más complejas y sutiles que cualquier máquina inerte existente hasta el momento. Es un motivo no para el desaliento, sino para una renovada apreciación de los poderes de la razón creadora.

En esta misma línea se dirige la línea de investigación que podría denominarse “problema mente-cuerpo”. Martin Gardner, en el prefacio del libro de Penrose *La nueva mente del emperador*, indica que los defensores de la “*IA fuerte*” indican que en sólo cuestión de unos siglos los computadores electrónicos harán todo lo que una mente humana puede hacer. (PENROSE, 1991)

---

<sup>1</sup> Conferencia inaugural pronunciada en el XIX Coloquio Distrital de Matemáticas y Estadística realizada en la Universidad Nacional de Bogotá en Enero del 2003 <http://www.scm.org.co/lema/certidumbre.htm>

Están convencidos de que las mentes son “computadores hechos de carne”. Dan por supuesto que el placer y el dolor, la estimación de la belleza y el humor, la consciencia y el libre albedrío son capacidades que emergerán de modo natural cuando el comportamiento algorítmico de los robots llegue a ser suficientemente complejo. Hay filósofos de la Ciencia que están en total desacuerdo y se preguntan si un computador “comprende” lo que está haciendo en una medida superior a la “comprensión” de un ábaco. (PENROSE, 1991)

El libro de Penrose es un ataque contra la IA fuerte. Durante los siglos pasados se han levantado objeciones contra el alegato reduccionista de que una mente es una máquina que funciona según las conocidas leyes de la física. En palabras de M. Gardner: “Penrose cree que cuando un físico o matemático experimenta una repentina inspiración “ajá” no se trata simplemente de algo “producido por un calculo complicado”: es la mente que por un momento entra en contacto con la verdad objetiva.” Penrose se pregunta si el computador puede tener mente. Los computadores pueden realizar tareas que eran reservadas al pensamiento humano, con una velocidad y precisión que superiores. Según Penrose, hay una capacidad que es exclusivamente humana: el poder pensar. Se pregunta ¿Qué significa pensar o sentir? ¿Qué es una mente? ¿Existen realmente? ¿En qué medida dependen de las estructuras físicas a las que están asociadas? ¿Podrían existir mentes independientemente de tales estructuras? ¿Están sujetas a las leyes de la física? ¿Cuáles son, de hecho, las leyes de la física? (PENROSE, 1991)

Se han puesto gran parte de las preguntas de Penrose para ilustrar algo que también parece ser exclusivamente humano: la capacidad de preguntar. Hacer preguntas es lo mismo que plantear hipótesis. Tal como indica Wagensberg:

“Y así, por diferentes pistas, en diversidad de formas y a través de distintas conciencias, el conocimiento se abre paso hacia la complejidad del mundo. El progreso de la elaboración de imágenes por parte de una conciencia, el progreso del conocimiento, se mide mucho mejor por la historia de las preguntas que por las respuestas. (...) Y porque responder es un proceso de adaptación y preguntar un acto de rebelión. Por las preguntas y por el método elegido para buscar las respuestas se reconocen las distintas formas de conocimiento. Por ejemplo: la ciencia y la filosofía tal y como hoy las conocemos.” (WAGENSBERG, 2003)

La evolución tecnológica y la evolución humana se han basado en esta capacidad de preguntar y plantear hipótesis. El ser humano, sin plantearse preguntas o hipótesis, vagaría igual que cualquier otro animal. Esta búsqueda de respuestas es el motor de su evolución. Es un “motor interior”. ¿Llegará un computador a tener esta capacidad? ¿Podrá un computador plantearse por qué los pétalos de las flores están algo “torsionados”? ¿Se preguntará por qué huelen? ¿Encontrará agradable el olor de una rosa? En cualquier caso, la información sensitiva, en caso de digitalizarla para introducirla en el interior de una computadora para que la procese probablemente perderá algo de esta “información sensitiva”. De hecho, es el ser humano el que introduciría estos datos sensitivos, justamente por que son importantes para él. Una imagen digitalizada de Marilyn Monroe o de la Tour Eiffel son totalmente diferentes para el ser humano, además de llevar una muy gran infinidad de información aparentemente imposible de digitalizar dependen, también, de la historia de la propia persona, de las vivencias asociadas con estas imágenes. La Tour Eiffel no es la misma para quién ha ido a París de “luna de miel”, para quién ha ido a un Congreso sobre la Lucha por los Derechos Humanos o, incluso, para quien estuvo en la revueltas estudiantiles de Mayo del 68. Además, esta información diferencial, importante para el ser humano, es la que le ha permitido sobrevivir durante tantos miles de años.

Lo que si podría pasar es que se construyera una sociedad “artificial”, en cierta medida aislada del resto del mundo, contenida en una especie de “burbuja” aislada de la “naturaleza”, creando en su interior una “naturaleza totalmente artificial”. En esta sociedad los computadores o los robots serían el paradigma de “ser ideal”, dado que todos sus pensamientos y actos serían totalmente racionales. Tanto la sociedad como sus “habitantes” mostrarían gran indiferencia por muchas cosas importantes para el ser humano; sería una sociedad en la cual lo único efectivo sería disponer procesos de cálculo rápidos. En esta sociedad el ser humano, muy probablemente, sería el esclavo de la máquina, no sólo por inferioridad de procesado de información y de cálculo, sino por que lo importante para el hombre, como puede ser el amor, la ayuda, el contacto humano, el compartir sufrimientos y penalidades, no tendría valor para la sociedad establecida. Se encontraría fuera de lugar. ¿Se dirige el ser humano a una sociedad donde se abandonan los valores “humanos” por otros más “productivos”, consecuencia de lo cual se valorará más “ser máquina” que “ser hombre”? La única posibilidad es que para sobrevivir se requiera la capacidad de preguntar.

El poder preguntar permite al ser humano salir de cualquier situación conflictiva. Cuando se encuentra en una situación considerada “problemática” es porque ésta le sugiere dudas. Quién no tiene dudas es quién muestra una indiferencia por los acontecimientos. Todo le va bien. El ser humano, en la actualidad se plantea grandes cuestiones. No es fácil saber actualmente se plantea más preguntas que en épocas anteriores, pero, en cualquier caso, hay un volumen alto de preguntas, muchas de ellas motivadas por la inmigración, conflictos políticos y bélicos, intereses económicos... Quizás es la mayor complejidad del mundo la que abre nuevas preguntas. Siempre que el hombre no se muestre indiferente por estos acontecimientos y, por lo tanto, se plantee cuestiones e hipótesis, estará “construyendo” una sociedad cada vez más alejada de la descrita como “artificial”. Esta podría ser la diferencia entre una “sociedad viva” y una “sociedad muerta”. La búsqueda de innovación, con cuestiones colaterales como los efectos secundarios o los impactos en el medio ambiente, es un buen motor para dirigirse hacia una “sociedad viva”. El ser humano debe combinar la complejidad con el abandono de la indiferencia, fomentando al máximo el interés y perdiendo el miedo a preguntar. No a cualquier ser humano, sólo a aquel que es capaz de generar preguntas que le permitan buscar respuestas.

El teorema de Gödel muestra que un ordenador con un sistema operativo determinado no puede detectar todos los virus introducidos en su interior. Si este sistema operativo fuera capaz de automodificarse, para detectar estos virus, siempre existiría algún virus indetectable. El ordenador no puede “comprender” todos los programas que se le introducen. De la misma forma, el hombre no puede llegar a todos los rincones de su mente de una forma autónoma o lógica. Por ejemplo, cuando alguien tiene un problema y no sabe como solucionarlo, puede llegar a tener problemas mentales (miedos...). Una forma de solucionarlos recomendada por los psiquiatras es hablar con otros individuos. Esto tiene que ver con el teorema de Gödel, dado que gracias a la comunicación con otros individuos la mente se desbloquea, es como si se cambiara el sistema operativo y de esta forma se puede detectar el “virus” que afecta al individuo. Si se hace la aplicación al caso de la invención, las ideas geniales se pueden “forzar”, buscando relaciones totalmente fortuitas, que salten los encadenamientos lógicos de los “sistemas operativos” o “axiomas” que condicionan a la persona. Estos “saltos mentales” pueden generarse individualmente o en grupo. En la presente tesis se intenta remarcar que este es el estado al que debe de llegarse para tener nuevas ideas.

En el apartado anterior, *¿Qué es la ciencia?*, se llegó a varias conclusiones. Una de ellas: se mostró que la imposibilidad de realizar predicciones dejó a la ciencia un poco desarmada. En el presente apartado se ha observado que el teorema de Gödel indica que a partir de unos determinados axiomas no es posible alcanzar todo el espacio de alternativas posibles o teoremas que deberían ser cubiertos por estos axiomas. Hay huecos, como se ha visto, y estos huecos sólo pueden ser alcanzados por ciertas personas o individuos con cierta dosis de suerte, gran interés por búsqueda de novedades, intuición... El Teorema de Gödel indica algo que de alguna forma es recurrente en los procesos de resolución de problemas en general. Podría decirse que hay dos tipos de problemas. Tal como indica D. Perkins, Doctor en matemáticas y inteligencia artificial: “(...) muchos problemas son razonables. Cabe razonarlos paso a paso hasta llegar a la solución. Pero ciertos problemas son irrazonables. No se prestan a una reflexión por etapas. Es preciso entrar a hurtadillas en su interior” (PERKINS, 2003)

Reproduciendo unas palabras de la científica cognitiva Margaret Boden, de *La mente creativa: mitos y mecanismos*, aparecidas en el libro de Perkins:

“Una idea simplemente nueva es aquella que cabe describir y/o producir por la misma serie de normas generativas de otras familiares. Una idea genuinamente original o creativa es aquella que no permite tal cosa”. Los pasos seguidos en la resolución del problema creativo suelen ser irrazonables. (PERKINS, 2003, pág. 45)

El teorema de Gödel indica que en gran parte de las zonas “huecas” existentes en el espacio del conocimiento, sólo se puede penetrar en ellas por medios intuitivos o imaginativos (irrazonables), pero nunca por medios racionales, o sea, mediante razonamientos lógicos a partir de los axiomas.

## 7.2.7 Evolución de la Ciencia en el siglo XX

Lorenzo Ferrer, en *Del Paradigma Mecanicista de la Ciencia al Paradigma Sistémico*, indica: “El siglo XX pasará a la historia como un siglo donde se han roto muchos esquemas, sobre todo dentro de la ciencia”. A continuación se da una descripción de cómo ha evolucionado la ciencia en el siglo XX. Para esta descripción se siguen las referencias indicadas en el libro de L. Ferrer. (FERRER, 1998)

### Décadas 1900-1920.

- 1900, Max Planck proclama que la radiación electromagnética es discontinua. Nace la teoría de los quanta predecesora de la primera revolución –la mecánica cuántica –.
- 1905, Einstein proclama que la luz tiene un comportamiento corpuscular – fotones – y su teoría de la Relatividad Restringida.
- Boltzmann halla una interpretación microscópica de la entropía del segundo principio de Clausius; es una interpretación probabilística.
- Aparece la flecha del tiempo. Para la Mecánica clásica el tiempo no existe.
- Einstein presenta la teoría de la Relatividad Generalizada. Las dos revoluciones, cuántica y relativista, avanzan. Pero aún los esquemas de ambas son deterministas y reversibles.

### Década 1920-1930.

- Se demuestra que la trayectoria de la luz es curva. Pasa de 4 dimensiones a cinco, seis, quince... La Mecánica Cuántica vive una década prodigiosa.
- Pauli presenta el principio de exclusión.
- Heisenberg establece la primera formulación de la Mecánica Cuántica con variables inobservables y el famoso principio de indeterminación (1926).
- Schrödinger halla la ecuación diferencial que rige el comportamiento de la onda de Broglie.
- Max Born en 1926 otorga a la función de onda de Schrödinger el carácter probabilista.
- P. M. Dirac en 1930 logra la síntesis de la mecánica cuántica con la relatividad.

- La mecánica cuántica abre dos caminos: a) la descripción de la fenomenología de las interacciones fundamentales de las partículas elementales y de la física nuclear; y, b) debates acerca del significado de las consecuencias filosóficas. La Mecánica cuántica cosechará éxitos en ambos. En particular, el segundo camino significa la apertura a nuevos modos de pensamiento: el pensamiento sistémico y el complejo. Allí está David Bohm, Fritjof Capra,...
- Los biólogos precursores de la Teoría General de Sistemas despliegan una actividad cualitativa importante. Son:
  - En 1920, emerge la escuela biológica “organísmica” (Driesch) que postula a los órganos vivientes como irreductibles
  - En 1923, Broad es vitalista emergente
  - En 1926, Smuts publica *Holismo y evolución*.
  - En 1928, L. Von Bertalanffy publica su primer trabajo sobre la teoría general de sistemas.
  - En 1929, J. H. Woodger busca la síntesis vitalismo y mecanicismo.
- El pensamiento organísmico es un pensamiento interesado en los Sistemas. El fisiólogo Cannon (1924) aporta el concepto de Homeostasis, que será concepto central del Pensamiento Sistémico.
- Aparecen las bases de la Teoría de la Información (elemento básico de los funcionalistas): Nyquist (1924) y Hartley (1928). Los estructuralistas son pocos, pero excelentes: el psicoanálisis (Freud), el sociólogo Max Weber, el lógico Whitehead y el marxista italiano Gramsci.
- En 1922, y con Schlick como cabeza visible, se agrupan bajo la denominación Círculo de Viena, filósofos y científicos con preocupaciones filosóficas: Rudolf Carnap, H. Feigl, H. Hahn, P. Franck, Kurt Gödel... La influencia del Círculo llega a Berlín y entronca con Hans Reichenbach, Karl Popper y L. Wittgenstein.

### Década 1930-1940.

- En 1931, el lógico austríaco Kurt Gödel publica un Teorema, que a muchos científicos parece el resultado conceptual más importante del siglo XX. Gödel probó que una vez fijadas las reglas de inferencia y un número finito de axiomas, existen proposiciones fundadas de forma precisa para las que no se puede demostrar ni que sean verdaderas ni que sean falsas. La repercusión en la matemática ha sido tremenda. Pero apriorísticamente resultó decisiva para una teoría que aún no existía: el caos.
- El físico Joseph Ford denomina “información faltante” a la que surge después de millones de iteraciones; es la que está “implícita” en los sistemas dinámicos. El físico Frank Harlow de los Álamos dice que la información faltante en las condiciones iniciales en los sistemas de ecuaciones diferenciales que rigen el comportamiento de los sistemas dinámicos es similar a las “semillas” que producen turbulencia y caos. Las cosas ínfimas pueden generar efectos enormes en un universo no lineal. La información “faltante” es el todo, pues puede que el todo sea el caos o cambio transformador. Gödel había descubierto que siempre había información faltante, y, por tanto, un caos potencial.
- Los estructuralistas trabajan:
  - a) La Teoría de la Gestalt, en el campo de la psicología, apoyada por Max Wertheimer, W. Kohler, K. Koffka.
  - b) El sociólogo Talcott-Parsons, trabaja sobre los conceptos “entorno”, “componentes”, “interacción”, “función”, “estado de equilibrio”
  - c) El historiador soviético Pitirim Sorokin, desarrolló una teoría cíclica, que el físico sistémico Fritjof Capra usa en 1981.
  - d) El filósofo-lógico K. Popper, en pleno desarrollo de su lógica del falsacionismo y de las teorías que se suceden a sí mismas publica *La Lógica de la investigación científica*.



### Década 1940-1950.

- En el sector de la mecánica cuántica el progreso genérico aparece en breve síntesis cronológica:
  - El grupo Oppenheimer (Anderson, Lawrence, Chadwick, Fermi, Bohr) logra el dudoso éxito de la bomba atómica (1940-1945); Fermi (1942) logra la primera pila atómica.
  - El transistor nace en 1948. Microscopio electrónico (1932), la televisión, el estudio de los rayos cósmicos.
  - En el sector del futuro caos, Eberhard Hopf (1948), inventa un modelo matemático capaz de descubrir las bifurcaciones que conducen a la turbulencia: existe un punto crítico de inestabilidad (de Hopf) en el que la descripción de la conducta de un arroyo salta de un punto del espacio de fases representativo, llamado atractor a otro.
  - Una intensa actividad se adueña del sector no mecanicista. Los biólogos de la TGS están cerca de ésta. Los funcionalistas son capaces de crear tres profetas de la buena nueva cercana. Los estructuralistas siguen profundizando en su búsqueda de la teoría de Sistemas, cada especialista disciplinario por sí mismo.
  - Los biólogos precursores fundamentales en este período son Borgmann que en 1944 publica *Holismo, historicismo y emergencia* y el propio LVB, que en 1945 publica *Zu einer allgemeinen Systemlehre* en el que ya figuran muchos conceptos pioneros (sistema abierto, masa, energía, información, entorno, continuidad, globalidad, homeostasis...)
  - Los funcionalistas crean las tres disciplinas Profetas: Cibernética, Teoría de la Información e Investigación Operativa.
  - La Cibernética nace a partir de la asociación de un matemático, Norbert Wiener, de un médico, A. Rosenblueth, y de un ingeniero, Bigelow.
    - 1940, N. Wiener trabaja en máquinas que resuelven ecuaciones diferenciales;
    - 1941, N. Wiener y Bigelow trabajan en la mejora de antiaéreos;
    - 1943, Rosenblueth y Bigelow identifican analogías entre sistemas electromecánicos y sistemas neuro-fisiológicos. *Behavior, purpose and teleology*.

- Incide, por separado, el fisiólogo americano Mc Culloch, con *A logical calculus of the ideas inmanent in nervous activity*. Todo ello lleva a N. Wiener a la publicación de *Cibernética. Control y comunicación en el animal y en la máquina*. Ha nacido la Cibernética.
- Claude Shannon, ingeniero de Bell, y W. Weaver, llegan (entre 1946 y 1949), a la *Teoría Matemática de la Información*. La Segunda Guerra Mundial fuerza la emergencia de la *Operacional Research*, Investigación Operativa. En 1940, el Círculo Blackett genera el modelo antisubmarino; en 1941, G. Dantzig genera la programación Lineal, en 1942 Von Newman y Oskar Morgerstein avanzan la Teoría de Juegos. Muy rápidamente la ciencia de la decisión óptima avanza.
- Quedan los estructuralistas: no son muchos, pero sí importantes: el psicólogo Bateson, el sociólogo Malinowski, el lingüista Scheeler, el lógico Whitehead, el marxista-filósofo H. Lefèvre.

#### Década 1950-1960.

- Poca actividad en las tres revoluciones mecanicistas. La termodinámica, el caos y los fractales se preparan para su florecimiento en las décadas posteriores. La TGS nacida en la década 40-50 se refuerza. Se afianzan los tres profetas. Aparecen dos disciplinas sistémicas nuevas y los estructuralistas siguen trabajando aisladamente.
- *Relatividad General*: a. Einstein crea su última Teoría del campo Unificado.
- *Mecánica Cuántica*: fuerte actividad en la investigación y experimentación sobre partículas elementales.
- *Termodinámica*: Einstein sigue aferrado a su universo determinista y reversible. El tiempo no existe.
- *Mecánica no lineal y caos*. KAM (1954) contesta a la pregunta de Poincaré. Pero ¿qué es KAM? KAM es el anagrama de los nombres de A. N. Kolmogorov, V. Arnold, J. Moser ¿Qué pregunta Poincaré? Newton había probado que el problema de los dos cuerpos (Sol, planeta) es resoluble exactamente en el espacio de las fases con un toro. Poincaré (s. XIX) al pasar al problema de N cuerpos, encuentra el potencial para la no linealidad, para el caos incipiente. Ello implica que el Universo sea potencialmente caótico, a un paso (un infinitésimo) de su aniquilación ¿Qué contesta KAM? Que ello no ocurre si se cumple al menos una de las dos condiciones:

- a) Que la perturbación del tercer planeta sea inferior a la atracción gravitatoria de una mosca que esté en Australia.
  - b) Que los años de los planetas en cuestión se hallen en proporciones de  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{1}{3}$ ...
- *Fractales*: En 1952, Benoît Mandelbrot se dedicaba a buscar la distribución de errores. El fractal tiene un gran atractivo: cada una de sus partes es una imagen de la totalidad.
    - El pulmón incorpora una variedad de escalas fractales
    - El pulso cardiaco sigue ritmo fractal
    - Los caóticos patrones meteorológicos descubiertos por Lorentz (1961) son fractales.
    - El atractor extraño del caos es una curva fractal.
    - Las formas fractales tienen autosimilitud
  - Hablemos ahora de los huérfanos del paradigma no Meticista, agrupados en funcionalistas, estructuralistas y precursores de la TGS. De los primeros han surgido (década 40-50) los tres Profetas.
  - *El primer Profeta*. La Cibernética de Wiener se ve reforzada por el grupo *Teleological Society* (1943-1950) que reúne al propio N. Wiener, al fisiólogo McCulloch, y al matemático Von Neumann. El grupo es también llamado *Cybernetical Circle*.
  - *El segundo profeta*. La Teoría de la Información es reforzada, entre otros, por el lógico Carnap (1953), por el físico Leon Brillouin (1956) *con Science et Theorie de l'Information*, y por el fundador de los fractales, Mandelbrot (1952)
  - *El tercer Profeta*. La RO, crece torrencialmente. Señalemos la programación dinámica discreta que nace en 1957 de la mano del profesor Richard Bellman.
  - Otros funcionalistas no se encuadran en los tres profetas, son en su mayor parte ingenieros. Son la Ingeniería de Sistemas (Bell; Informe Hall) y el Análisis de Sistemas
  - Las filas de los segundos –estructuralistas– se ven reforzadas por especialistas de reconocido prestigio: el psicólogo G. Bateson, el sociólogo Horowitz, el antropólogo Levi-Strauss, el lingüista anarquista N. Chomsky, el filósofo lógico Bertrand Russell ...

- En cuanto a los terceros –los precursores de la TGS –, finalmente, la convergencia. LVB, biólogo, lleva 20 años luchando, desde su teoría organísmica, basada en las dos palabras clave –jerarquía, emergencia – ha llegado a la TGS. No está sólo. En 1954, el biólogo LVB, el matemático Anatole Rapoport, el fisiólogo Mc Culloch y el economista Kenneth Boulding, fundan la Sociedad para el progreso de la teoría de Sistemas. Un gran refuerzo: W. Ross Ashby, procedente de la Cibernética, publica en 1958 *La TGS: una nueva disciplina*.

### Década 1960-1970.

- El impulso revolucionario en la RG y en la Mecánica Cuántica parece agotado. En realidad era un afán reformador del Paradigma. Einstein, Bohr, Heisenberg no pretendieron destruir la mecánica: solamente reformarla, adaptarla a hechos y circunstancias contradictorias con Newton. Pero algunos no se conformaron y siguieron: David Bohm, físico cuántico y relativista, entre ellos. El premio fue el Pensamiento Sistémico.
- La TD, el caos, los fractales, los sistemas autoorganizados fructifican. La TGS nacida en la década 40-50, afianzada en la 50-60, llega ahora a su edad de oro. Los tres profetas (funcionalistas) pierden fuerza y se suman a la TGS. Los estructuralistas siguen fieles a sí mismos.
- La Mecánica Cuántica avanza en cuanto a sus aplicaciones; conceptualmente se siente autosuficiente. Pero David Bohm –y otros – no. Bohm observa que la Relatividad General es rabiosamente no lineal (hija de Poincaré). Pero la Mecánica Cuántica es lineal: la solución de cualquier problema es una combinación lineal de soluciones. Schrödinger ejemplifica la situación: un gato vivo y un gato muerto son soluciones válidas. La paradoja del gato ilustra la escisión entre nuestro mundo no lineal de resultados definidos y el curioso mundo lineal de la MQ.
  - Bohm introduce la no linealidad en la MQ que resuelve la paradoja. Cada parte contiene el movimiento del todo plegado dentro de sí.
  - D. Bohm propone que la ciencia se aproxime al arte.
  - Propuso el holograma como nueva visión holística de la naturaleza.
  - Por último, D. Bohm entiende que el fractal – en el futuro – revelará cada vez más acerca del caos oculto en la regularidad, y de cómo la estabilidad y el orden pueden nacer de la turbulencia y el azar.

- La Termodinámica moderna: Ilya Prigogine elabora atrevidas teorías acerca de la vida, e irrumpe en los campos de la filosofía, de la sociología, de la antropología. Gana el premio nobel (1977) por su formulación general de la termodinámica de los procesos irreversibles y en particular por: a) el análisis de un nuevo estado de la materia: las “estructuras disipativas” y b) el “orden por fluctuaciones”. Considera los sistemas vivos, como paso particular de los sistemas abiertos, y a éstos (concepto ya introducido por L. Von Bertalanffy) como una superación de los sistemas aislados y de los sistemas cerrados.
  - Las estructuras disipativas se generan y se mantienen merced a intercambios de Energía en condiciones de inestabilidad, cercanos a estados de equilibrio estable. Nótese que si el sistema se halla en equilibrio inestable genera estructuras disipativas o estructuras cooperativas según que la inestabilidad esté cerca o lejos del estado de equilibrio estable. El principio que rige es el “Principio de orden mediante fluctuaciones de Prigogine”.
  - Ilya Prigogine cree que los fenómenos irreversibles y el azar son normales, y que los deterministas y reversibles basados en el esquema newtoniano constituyen el límite al que aquellos se dirigen (PRIGOGINE, 1997)
- Caos: estamos en un momento de transición entre Hopf (1948) y David Ruelle (1989). Dos momentos importantes. En el primero, Hopf establece el modelo matemático que descubre las bifurcaciones que llevan al sistema a la Turbulencia. En el segundo, David Ruelle introduce el atractor extraño como sucesión aleatoria de atractores toro-fractales.
- Pero en medio, Edward Lorenz (1968) meteorólogo del MIT, encuentra el caos imprevistamente. Es el primero en detectar que la iteración puede generar el caos. La no linealidad ha auspiciado que una pequeñísima diferencia en los datos, se transforme en una gran diferencia en cuanto a los resultados iterados, en un sistema complejo.
- Entre tanto, ¿qué hacen los huérfanos del Paradigma Mecanicista? Saben que están agrupados en precursores de la TGS, funcionalistas y estructuralistas.
- W. Ross Ashby, biólogo, uno de los seguidores de L. Von Bertalanffy más conspicuos, en 1962 se acerca a los emergentes Sistemas autoorganizados, con

*Principles of the Self Organizing Systems*. H. Von Foster hace lo mismo (1961) con *On self-organizing systems and their environment*.

- H. Maturana (1968) chileno, biólogo, inicia con *La neuro-fisiología de la cognición* su extraordinaria aportación a la creación de los “sistemas autopoieticos”.
- Jay Forrester (1961) inicia su brillante carrera con el estudio de una compañía eléctrica Sprgue: desde ahí su primer trabajo *Industrial Dynamics*, al que seguirá *Urban Dynamics* (1967). Ha nacido la Dinámica de Sistemas que permite estudiar la evolución de sistemas empresariales, ecológicos, de administración, regionales, culturales, y la simulación de políticas, y que ha generado muchas aplicaciones y tiene muchos seguidores.
- Mihail Mesarovic (1964), *Fundamentos de la Teoría General de Sistemas*.
- Ervin Laszlo (1964), *Systems, Structure and Experience*.
- L. Zadeh, creador de los conjuntos borrosos ,(1965), *Fuzzy sets and Systems* en la revista *Systems Theory*.
- Alrededor de L. Von Bertalanffy, investigan en 1966 los biólogos Crick, Smith, Elsasser, en 1968 Polanyi, y en 1969 Koestler, y fundamentalmente Pattee –con una extensa obra que va desde 1962 hasta hoy – profundizan fundamentalmente en el tema de la emergencia.
- Un futuro premio Nobel (1969), H. Simon, escribe (1962) *La arquitectura de la complejidad* y (1969) *La Ciencia de lo artificial*.
- En 1968, L. V. Bertalanffy publica su esperado *General Systems Theory*.
- George J. Klir, junto con Valach (1965), *Cybernetic Modelling*. En 1969, *An approach to general systems Theory* y, en 1970, *Trends on GST*.
- James G. Miller (1970) *Living Systems*.
- Los funcionalistas en las anteriores décadas fueron capaces de crear tres disciplinas generalistas, tres profetas de la TGS, incluso dos líneas de trabajo, dos enfoques sistémicos eminentemente pragmáticos: La Ingeniería de Sistemas y el Análisis de Sistemas. Pero en la década 1960-70, los profetas pierden fuerzas y se acercan a la GST.
- Oskar Lange (1962), *Introducción a la Economía Cibernética*.
- En el campo de la IO, Pontryagin publica su *Teoría Matemática del Control Óptimo*, obra que sienta doctrina en la programación dinámica continua.
- C.W. Churchmann, uno de los padres de la OR, se “pasa” a los sistemas con *The Systems Approach* (1968)

- En cuanto a la teoría de la Información, Connant (1969) publica *The Information Transfer requisited in regulating Process*. H. Atlan (1970) *L'organisation biologique et la théorie de l'Information*, y G. Cellerier et al. (1968) *Cybernétique et épistemologie*.
- En la Ingeniería de Sistemas destacan Hall (1962), Chesnuts (1965) y Kalman (1960) con su contribución a la teoría del control óptimo, Jenkins (1969)
- Los estructuralistas siguen su línea: individualistas, brillantes, penetrantes. Anotemos a: en Sociología, Merton (1960); en Historia, F. Braudel (1960); en Filosofía de la Ciencia, Kuhn (1962) *Las revoluciones científicas* y Mario Bunge, *Epistemology and methodology of levels*; en lingüística, Chomsky (1962); en semiótica, Umberto Eco; en Marxismo, Althüsser.

### Década 1970-1980.

- En esta década el Pensamiento Sistémico atraviesa un momento fascinante.
- Es preciso recordar lo que ha ocurrido con los huérfanos del paradigma Mecanicista. Brevemente, ha existido una convergencia en la década 60-70, y una etapa de reflexión de confusión y de inicio –en la década 1970-80 – de una segunda convergencia.
- En 1970 aparecen desviaciones, el físico David Bohm, que es protagonista de una aventura intelectual enormemente excitante, que recorre instancias tan dispares – aparentemente – como son:
  - a) Una interpretación original de la mecánica cuántica,
  - b) El modelo holográfico de Karl Pribram y,
  - c) La filosofía de la consciencia de Krishnamurti,
 Instancias que él resume en una propuesta de nuevo paradigma; y los biólogos James Lovelock y Lynn Margulis, creadores de hipótesis “Gaia”, el sistema hipotético que regula la Tierra; una construcción biológico-cibernética.
- Pero también precursores: el ingeniero J. Forrester con Deanes Meadows como factótum, lleva a la cumbre la “Dinámica de Sistemas”, cuando el Club de Roma le encarga el *World Dynamics*, primer trabajo global sobre el planeta Tierra (1971). El yugoslavo M. D. Mesarovic, con Mako y Takahara, elabora *Theory of Hierarchical Multilevel Systems*, y por encargo del Club de Roma realiza el segundo modelo del Mundo. El biólogo J. Monod llega a su obra emblemática *El Azar y la Necesidad*.

- En 1972, René Thom con su libro fundamental *Estabilidad estructural y morfogénesis*, presenta su Teoría de las Catástrofes, que no pretende ser sistémica, pero lo es de arriba abajo: abstrae muchos fenómenos físicos, químicos, biológicos, sociológicos, económicos.
- El precursor E. Laszlo, filósofo húngaro-americano, culmina General System Theory, Russell Ackoff –uno de los padres de la RO, funcionalista por tanto – escribe, con Emery Fe, *On purposeful System*, y el psicólogo G. Bateson, estructuralista, escribe *Steps to an Ecology of Mind*.
- En 1974, Maturana y Varela, biólogos chilenos crean la autopoiesis; Mitchel Feigenbaum, en los Álamos, halla una escala universal – los “números de Feigenbaum” - , al estudiar cuáles son los valores críticos para los cuales el período - tiempo que tarda el sistema en evolucionar desde  $\Psi_0$  nuevamente hasta  $\Psi_0$  – se duplica. Campbell publica *Hierarchically organized System*. El profesor E. Nicolau, rumano, escribe *Cibernética*. Robert Vallée publica *Observación, decisión y estructuras transferidas a la Teoría de Sistemas*.
- En 1975, Fritjof Capra, uno de los físicos cuánticos disidentes publica una obra notable *El Tao de la Física*; Arbib publica *A category-Theoretic Approach to Systems in Fuzzy World*, David Ruelle, francés, se une a B. Mandelbrot en el estudio sobre fractales.
- En 1976, el hombre descifra en parte el enigma cósmico planteado por la gran Mancha Roja de Júpiter. Philip Marcus llega a la conclusión de que la Mancha es un sistema que se autoorganiza, creado y regulado por las mismas contorsiones no lineales que producen el impredecible tumulto circundante: es caos estable, en el marco de una termodinámica irreversible.
- En 1977, Ilya Prigogine, obtiene el premio Nobel por sus investigaciones sobre la termodinámica de los procesos irreversibles; J. L. Lemoigne inicia una brillante carrera, con *Théorie du système générale*. El alemán H. Von Forster trabaja sobre objetos “*objects: tokens for eigen-behavior*”, y el estructuralista sociólogo E. Morin publica *La Méthode*, y el también estructuralista – filósofo de la Ciencia – Mario Bunge, argentino afincado en el Canadá, llega a la T. De Sistemas en *The G.S.T. challenge to the classical philosophie of Science*.
- En 1978, H. Haken, alemán, crea una nueva teoría acerca de los sistemas “*synergetics*”; James G. Miller publica una obra fundamental *Living Systems*. Robert S. Shaw, Doyne Farner, N. Packard y J. Crutchfield publicaron *Strange*



*attractors, chaotic Behavior and Information Flow*. El nombre de “caos” surgió después de no pocas discusiones entre: P. Holmes, hao-Bai-Lin, H. Stewart, J. Stewart, J. Crutchfield y Ford, que pasaron de los conceptos de no linealidad y de realimentación al de caos.

- El caos resultó ser el símbolo del conjunto de ideas que persuadía a aquellos científicos: físicos, biólogos, matemáticos, etc., de que los sistemas simples, deterministas podrían generar complejidad. Joseph Ford escribe *La evolución es caos con realimentación*. El universo es caos y dispersión: el azar con dirección produce una complejidad asombrosa; y, como Lorentz, descubrió que la disipación genera orden.
- En 1979, Ilya Prigogine e Isabelle Stengers, escriben *Metamorphose de la Science*; J. E. Lovelock, publica *Gaia: A New Look at Life on Earth*, una visión dinámica de cómo los sistemas complejos de la Tierra se autorregulan; Lovelock y Lynn Margulis, proponen como modelo el mundo de las “margaritas” “... las condiciones necesarias para vivir son creadas y mantenidas por la vida misma en un proceso autosustentador de realimentación dinámica”. Los estructuralistas siguen su larga marcha: Lacan, Foucault, Barthes, Garaudy y Goldmann...

## El período 1980-1994

- La década “larga” contempla una segunda convergencia, que parece definitiva, hacia un pensamiento Sistémico maduro. La 1ª convergencia (década 60-70) fracasó porque fue prematura; era la convergencia de funcionalistas hacia la TGS de los precursores: era la convergencia de una parte de los “huérfanos”. Pero no incluía a los “disidentes” del PM. No incluía a la TD de Prigogine, al caos, a los fractales, a las Catástrofes, a los Sistemas autoorganizados. La 2ª convergencia, en resumen, es fuerte porque contiene:
  1. A los huérfanos del PM
    - a) Precursores TGS clásica (de LVB)
    - b) Funcionalistas con sus Tres Profetas (Cibernética de N. Wiener, Teoría Información de C. Shannon, Investigación Operativa)
    - c) Estructuralistas con nombres ilustres.
  2. A los desertores y/o disidentes del P. Mecanicista compacto sin fisuras
    - a) De la Relatividad (de Einstein)
    - b) De la Mecánica Cuántica (de Bohr, Schrödinger, W. Heisenberg, D. Bohm)
    - c) De la Mecánica No Lineal (de Poincaré, Van der Pool...) y del P. Mecanicista con fisuras.
      - a) De la Dinámica de Prigogine
      - b) Del Caos de Lorentz, Feigenbaum.
      - c) De los Fractales de B. Mandelbrot.
      - d) De las Catástrofes de R. Thom
  3. A los sistemas “ab initio” (propios de las décadas 1970-1994)
    - a) Sistemas autopoieticos (Maturana, Varela)
    - b) Sistemas en evolución con complexificación (E. Schwartz)
- En 1980, el físico relativista Stephen Hawking pronuncia una frase muy controvertida: “la física ha acabado”; el biólogo chileno Francisco Varela – discípulo de H. Maturana – desarrolla la autopoiesis, por medio de *Principles of Biological Autonomy*.

- En 1981, llevan la batuta por una parte dentro del PM, E. Jantsch, con *The evolutionary vision ...*, y fuera del PM, Eugéne, publica *Aspectos de la TGS*, y H. Von Förster *On Cybernetics of Cybernetics and Social Theory*.
- En 1982, el físico comprometido con el pensamiento sistémico, siempre interesante Fritjof Capra, desarrolla *El punto crucial*, y S. Braten se compromete también con los sistemas autoorganizados a través de *Simulation and self-organization of mind*, posición reforzada en 1983, por J. C. Tabary, en *Auto-organization á partir du bruit et système nerveux*.
- En 1985, Pinson, Demailly y Favre, *La Pensée, Approche Holográfique* y B. Paulré *La causalité en économie*.
- La convergencia en 1986 se fortalece con M. Decleris con su *Teoría de Sistemas* y con el biólogo cibernético Rosen por su *Teoría de Sistemas*.
- En 1987, el “Caos” obra de J. Gleick; E. Laszlo, *Evolution: the great synthesis*; John V. Gigh, *Decision Making about Decision Making. Metamodels and metasystems*. Y por encima de las mismas presencia de dos obras producto de dos sistémicos *ab initio*: A. Gire, *Modèles Mathématiques et Systèmes Evolutifs Hérititaires. Théorie et Applications* y de L. Logfren *Antology*.
- En 1988. Fritjof Capra reaparece con *Uncommon Wisdow*; el físico cuántico Stein con *Lecturas sobre Ciencias de la Complejidad*, y Rafael. R. Delgado, sistémico español, con *Aplications of systems dialectic to integrated development*. La convergencia se estrecha.
- En 1989, se publican las actas del 12 Congreso Internacional de Cibernética, por parte de la A.I.C. (Association Internationale de Cybernétique); Bouchon-Meunier, experto funcionalista en Teoría de la Información, genera *Incertitud, information, imprecision: une réflexion sur l'évolution de la théorie de l'information*, los “mecanicistas con fisuras” P. Auger y A. Andrew publican, respectivamente *Dynamics and thermodynamics in Hierarchically Organized Systems, Self organizing Systems*, y por ultimo los sistémicos *ab initio*, T. Moulin y J. L. Vuillierne, inventan *Le relateur arithmétique, source de nouveaux concepts systémiqes* y *Le concept de Système Politique*.

En los años siguientes, hasta 1994, la convergencia se centra en la presencia de sistémicos esenciales: en 1990, Fuerxer J. Y Fuerxer P., escriben *Les fluctuations cycliques fondamentales des économies capitalistes, le modèle eu* y R. Vallée escribe *Plato's cave revisited*. En 1991: *Systemique et Cognition* de E. Andreevsky, *Un modèle pour des systèmes évolutifs avec memoire basé sur la théorie des catégories*, y un trabajo de E. Schwartz, director del Centro Interfacultativo de sistemas de la Universidad de Neuchâtel, que cubre un continuo que va desde la obra de I. Prigogine a los sistemas autoorganizados y autopoieticos. Una obra de G. Klir, *Facets of Systemes Science*. En 1992 aparecen las obras *Deuxieme Ecole Européenne de Systemique* de E. Andreevsky, L. Mehl y L. Saint-Paul, *Praxis et cognition* de E. Bernard Weil y J. C. Tabary, *Systemique, Théorie et Applications* de F. Le Gallou, *International Systems Sciences Handbook*, de R. Rodríguez Delgado y B. Banathy, presidente de IFSR, y *Emergence in Physical Models* del biólogo sistémico Pattee. En 1993: la publicación de las *Actas del Segundo Congreso Europeo de Sistemas*, por parte de Igor Vajda. En 1994, en Valencia, L. Ferrer, A. Caselles y R. Benyeto publican el libro de actas de la *Tercera Escuela Europea de Sistemas*.

### **7.2.8 Crisis del determinismo. Cambio al paradigma sistémico. El pensamiento complejo.**

Lorenzo Ferrer indica, en *Del Paradigma Mecanicista de la Ciencia al Paradigma Sistémico*, que desde la antigua Grecia hasta finales del siglo XIX, la ciencia ha tenido una visión básicamente mecanicista. La sentencia “Todo efecto tiene su causa” ha sido largamente empleada. Durante todo ese tiempo fue reforzándose el método científico. No puede negarse que se han producido grandes avances tanto en la ciencia como en la técnica, basados en gran medida en el método científico. El actual nivel de conocimiento científico y tecnológico demuestran que tanto la forma mecanicista de ver el mundo como el método científico en el que se ha basado Occidente no era tan errónea, sus frutos han sido muchos y seguramente todavía darán grandes sorpresas. No obstante, a lo largo de toda la historia de la humanidad se han producido algunas controversias, sobre todo a partir del siglo XX. (FERRER, 1998)

Tal como se ha indicado en el apartado anterior, la visión totalmente determinista del mundo ha sufrido algunos reveses, debido a, entre otras:

- La Teoría de la evolución (Darwin s. XIX)
- La Mecánica relativista (Restringida 1905, Generalizada 1913).
- El Principio de incertidumbre (Heisenberg)
- La Mecánica cuántica (1913) (Bohr, Schrödinger, D. Bohm).
- Los Sistemas dinámicos no lineales. (Poincaré, Van der Pol)
- La “información faltante” (Gödel)
- Los Fractales (B. Mandelbrot, 1952).
- El Caos, bifurcaciones y atractores extraños (Lorentz, Feigenbaum, Ruelle).
- La Teoría de las catástrofes (R. Thom)
- Los Procesos termodinámicos irreversibles. (Prigogine).
- La Cibernética (Wiener, 1940), la Teoría General de Sistemas (L. Von Bertalanffy), la Investigación Operativa (Churchman) y la Teoría de la Información (Cl. Shannon, 1945).
- Los Sistemas Autopoiéticos (Maturana, Varela), los Sistemas Complejos en Evolución (E. Schwartz), Sistemas Auto-organizados (H. Haken).

Se ha dejado de tener una visión únicamente mecanicista o determinista de la ciencia, imperan las visiones denominadas sistémicas, holistas o complejas. El reduccionismo imperante a dado paso a una visión más holística. El desorden, el azar, la irracionalidad tienen igual salvoconducto de existencia que el orden, la certeza y la razón.

L. Ferrer recuerda que en la historia de la humanidad se ha demostrado que las visiones o posturas extremas no suelen tener la verdad absoluta. La filosofía de la ambivalencia sugiere, por tanto, que la solución no está en el exterminio de uno de los dos conceptos, sino en la coexistencia del “orden” y del “desorden”. Todo, por tanto, es, según la visión actual, orden y caos en coexistencia. (FERRER, 1998)

Según L. Ferrer, es difícil vivir en la ambivalencia. Lo cómodo y fácil es aplicar el reduccionismo y la simplificación a todos los problemas que nos acucian, pero la sociedad está dándose cada vez más cuenta de que la complejidad está en aumento.

L. Ferrer se pregunta ¿aumenta realmente la complejidad? ¿Es más compleja la naturaleza ahora que en el siglo XII? ¿No será que la sociedad en general ha aprendido que una visión más compleja del mundo permite, sino acertar en las soluciones correctas, al menos admitir que éstas no existen o son en extremo difíciles de alcanzar y que, por lo tanto, la mayoría de cuestiones planteadas por el hombre son de alguna manera un equilibrio de objetivos? ¿Aumenta esta visión compleja la capacidad para soportar una mayor complejidad? Seguramente hay un poco de todo, en cualquier caso son prueba de madurez de la sociedad tanto admitir la complejidad como aumentar la capacidad de convivir con ella. (FERRER, 1998)

El ser humano, como todo ser vivo, intercambia materia, energía e información con su entorno. La interacción hombre/entorno/tiempo dará una variada escala de respuestas. El entorno para el ser humano es un interrogante; tiene una dimensión mucho mayor que cualquiera de las conocidas, es una especie de espacio *n-dimensional* con *m* posibles interacciones entre las variables, siendo cada una de las variables de dimensión infinita. A raíz del descubrimiento de los cuantos se puede aceptar que algunas de estas variables son discretas o están cuantificadas. El siguiente paso es fácil: ¿pueden algunas de estas variables ser aleatorias? Se ha vuelto al punto de partida: la aleatoriedad rodea al individuo. (FERRER, 1998)

El hombre intenta prever los resultados de su interacción continua con el entorno. Tal como ya se ha indicado en apartados anteriores, la gran complejidad de esta interacción demuestra que la predicción futura absoluta en muchos casos es imposible. En estos casos difíciles, la predicción como mucho puede estar basada en probabilidades.

L. Ferrer indica que hasta hoy, en cada amanecer ha salido el sol, ¿saldrá también mañana?. Nuestra parte racional, simplista, pragmática, determinista... sugiere una respuesta afirmativa; no tolera e incluso se molesta de que se plantee esta pregunta. Nuestra otra parte, la sistémica, compleja y ambivalente hace que nos reservemos la respuesta. Muy probablemente saldrá mañana, pero no se puede ignorar que en este universo en evolución, hay muchas teorías que indican que el sol se extinguirá. Esta otra cara de la moneda es la que permite que se viva con preguntas sin respuesta. Da la impresión de que el mundo ha dejado de ser una bola en una mesa de billar y ha pasado a ser la bola de una ruleta. Para ambas bolas los principios mecánicos son los mismos e igualmente válidos. La predicción de donde irá a parar la bola tras lanzarla es más compleja en el segundo. (FERRER, 1998)

Se ha visto en apartados anteriores que la Ciencia es una gran invención del ser humano, una invención cultural, probablemente la invención más poderosa de la Historia de la Humanidad. La Civilización Occidental ha generado la Ciencia, y ésta, a partir de dos de los resultados más importantes de la revolución Científica del siglo XVII, el racionalismo y el empirismo, retroacciona sobre la propia civilización, modificándola, y no sólo precisamente por medio de aquello más evidente, la tecnología, sino con nuevas formas de pensamiento. (FERRER, 1998)

La tendencia a la simplificación y al reduccionismo ha conducido a la Ciencia. El exitoso papel que ha tenido la Ciencia durante tantos siglos ha ido asentando cada vez más el modo Científico de ver la naturaleza. Esta visión, que empezó como un método, llegó durante el siglo XIX, ha ser considerado el único método válido de conocer la naturaleza. En el siglo XX han aparecido grandes pensadores que critican esta visión “monista” de ver la naturaleza. Este enfoque cientifista ha arraigado tanto que ha llegado a asentarse en todas las capas de la sociedad. El mundo en general se ha ido volviendo cada más cientifista. (FERRER, 1998)

El método científico se basa en tres conceptos o características esenciales: reduccionismo, repetitividad y refutación. (FERRER, 1998)

El **reduccionismo** tiene varias facetas: el reduccionismo del mundo por medio de la experiencia; el reduccionismo en la explicación, y el reduccionismo analítico. El mundo real es incomprensible, inaprensible; parece necesaria la simplificación. Definir un experimento es definir una cierta reducción del mundo con un propósito especial. El experimentador pretende explicar la realidad mediante un experimento simplificado de la misma realidad. El reduccionismo de la explicación, definido en el principio de la navaja de Ockham, busca minimizar la explicación a fin de maximizar su coherencia; consiste en la explicación de fenómenos complejos mediante fenómenos más simples. El reduccionismo cartesiano o analítico nos induce a aceptar que el conocimiento del todo es la “suma” de las partes. Prescinde de las interrelaciones existentes.

La **repetitividad** es la posibilidad de la repetición del experimento. Sitúa al conocimiento inducido en una categoría diferente a la del conocimiento basado en la opinión, en la preferencia y en la especulación. Otorga a la actividad científica una solidez que no es desgastada por las emociones, la irracionalidad y los personalismos.

La **refutabilidad**. En cuanto aparezca una experiencia negativa, la hipótesis queda refutada, es falsa. La Ciencia realiza experimentos que pueden refutar hipótesis. El resultado del test al que se somete una hipótesis si es negativo equivale a la refutación automática. El científico sabe de la imposibilidad de probar algo por inducción. El hecho de que a cada noche haya seguido el día, dice David Hume, da la esperanza de que mañana volverá a ocurrir, pero no es una prueba de la proposición “A toda noche sigue un día”. Una hipótesis refutada es más útil científicamente que una hipótesis que supere positivamente a los tests. K. Popper describe el método de la Ciencia como “el método de las conjeturas temerarias y de los intentos ingeniosos de su refutación”, y considera que la demarcación entre la ciencia y otras actividades queda definida por el criterio “algo es ciencia si produce conjeturas que puedan ser públicamente refutadas”. Popper parte de la evidencia –para él – de que los científicos dan soporte personal a veces algo aventurado a ciertas experiencias antes que refutar una hipótesis con la que ellos se sienten identificados personalmente. (FERRER, 1998)



L. Ferrer indica que ni la Ciencia ni su método son tan poderosos como se creía. El problema crucial, que la Ciencia tiene que encarar hoy es hacer frente con éxito a la complejidad creciente de la Sociedad. ¿Es capaz la Ciencia actual, fruto de la revolución del siglo XVII, el método de Galileo, Descartes, Newton, Einstein, de reconocer sus debilidades, automodificarse, y hacer frente al nuevo tipo de problemas? (FERRER, 1998)

La segunda regla enunciada por Descartes recomienda dividir al problema en partes separadas y asume que esta división no distorsiona el fenómeno estudiado. La experiencia demuestra que según cual sea el problema la aplicación del principio de reducción analítica tendrá consecuencias más o menos graves. Los científicos hasta hace 50 años han creído que “lo que es bueno para la Física, es bueno para las demás disciplinas”. Cabe efectuar la reducción, pero será la complejidad quien hará ver si la reducción es perniciosa o no. A medida que aumenta la complejidad de la materia objeto del estudio, se ponen de manifiesto las limitaciones del método de la Ciencia. Surge la pregunta ¿qué hacer cuando la excesiva complejidad pone en cuestión la viabilidad (aproximada) del Método de la Ciencia? La contestación es sencilla: el pensamiento sistémico emerge para cubrir las carencias (eventuales) del método de la Ciencia. La emergencia de fenómenos nuevos en los niveles de complejidad más altos, es un problema que el pensamiento reduccionista no ha sido capaz de resolver, y el peor problema que ha debido afrontar el método de la Ciencia. (FERRER, 1998)

La complejidad es un concepto “duro”; tanto es así que incluso plantea una partición dentro de las Ciencias. Así lo vio Pantin, cuando distinguió entre Ciencias restringidas y no restringidas. Son Ciencias restringidas aquellas que, como la Física, a) se limitan a estudiar un abanico limitado de fenómenos, b) implican la realización de experiencias. En cambio, en las Ciencias no restringidas, los fenómenos sometidos a estudio son tan complejos que en general no cabe ni tan sólo diseñar experimentos bajo control y los factores exógenos dominan la situación. Son Ciencias no restringidas la Biología, la Psicología, las Ciencias Sociales, y de ellas Pantin afirma “En contraste el avance de las Ciencias no restringidas es necesariamente más lento: el número de variables que poseen es tan elevado, que sus hipótesis requieren una revisión continuada”. Ante fenómenos altamente complejos se reduce la eficacia del método científico.

A continuación se enumeran una serie de diferencias entre las Ciencias Sociales y las Ciencias naturales:

- Las generalizaciones en las Ciencias Sociales son mucho más imprecisas.
- Las observaciones de las Ciencias Sociales van acompañadas por interpretaciones de los propios actores sociales. Éstos participan activamente en el fenómeno investigado, “pueden” alterar su dirección, en lugar de hacer lo “debido”.
- Las predicciones en el mundo físico son posibles. Es muy difícil hacer predicciones acerca de sucesos sociales.

En el núcleo de los fenómenos estudiados por las Ciencias Sociales está la conciencia que el ser humano tiene de sí mismo, y la libertad de elección que tal conciencia implica. Es una libertad irreductible, que se resiste a los hechos experimentales. En el mejor de los casos, el comportamiento de los sistemas sociales obedecerá a tendencias antes que a leyes. El científico Social no puede hablar de certezas, sólo puede hablar de situaciones probables. (FERRER, 1998)

Podría preguntarse si los tecnólogos e ingenieros hacen ciencia. Además, se sabe lo que es un método científico, pero, ¿hay o puede haber algún método “inventivo” o “innovativo”? Existen métodos para problemas prototipo o similares a otros existentes: modelos, simulaciones, soluciones existentes por la competencia... y en algunos casos el método científico puede llegar a ser aplicado: reducción, repetición y refutación. Lo difícil es encontrar un método que permita encontrar soluciones totalmente nuevas.

Una alternativa a las deficiencias encontradas en el método científico se encuentra en el pensamiento sistémico. Este conserva mucho de la tradición científica, introduce un pensamiento basado en globalidades, complementa al reduccionismo científico, y hace frente a las diferentes formas de complejidad. Uno de los mejores pensadores sistémicos de hoy, Peter Checkland, cree que el pensamiento científico tiene como componentes el pensamiento analítico y el pensamiento sistémico. Este a su vez está fundamentado en dos pares de ideas: emergencia/jerarquía y comunicación/control. El primer par de ideas proviene básicamente de la Biología, mientras que el segundo proviene de la ingeniería de control y de comunicaciones. (FERRER, 1998)

Referente a la primera pareja, emergencia/jerarquía, se puede empezar recordando la sentencia de Aristoteles “un conjunto es más que la suma de las partes”, pero la Revolución Científica del siglo XVII derrotó a Aristoteles en general y a sus ideas presistémicas; en particular a su visión teleológica, según la cual las estructuras y el comportamiento de un Sistema están predeterminados por los propósitos a los que sirve. Los biólogos han sido los pioneros en establecer formas de pensar en términos de globalidades (biológicas), y fue un biólogo, L. Von Bertalanffy, quien sugiere pensar en términos de cualquier globalidad –no sólo biológicas –. Los biólogos modernos no intentan rehabilitar el concepto de teleología sino que introducen en su lugar el concepto de teleonomía, en el que el Sistema tiene un comportamiento “como si” cumpliera un propósito. (FERRER, 1998)

Estas dos palabras, teleología y teleonomía, han suscitado un fuerte debate entre los biólogos del siglo actual: se trataba de un debate acerca de la naturaleza de un organismo, que a su vez era parte de un debate más profundo entre el reduccionismo y el holismo. Pero a su vez, y por último, este debate ha cedido ante una síntesis, la emergencia del Pensamiento Sistémico. Oponerse al reduccionismo no significa ser vitalista. Hoy los biólogos aceptan todos que la entelequia no existe, y que los seres vivos obedecen a las leyes de la Física y de la Química. Ello no significa el triunfo del reduccionismo, todo lo contrario: hoy la Biología es una ciencia autónoma, no reducible a la Física y a la Química. Ello equivale a establecer el pensamiento Sistémico. Cada nivel superior del sistema está formado por un número de niveles inferiores, pero estos niveles inferiores no son suficientes para determinar como se comporta el sistema como un todo. Cada individuo tiene en general un comportamiento. Tres individuos en un bote con capacidad para seis personas tienen otro comportamiento. Ocho individuos en el mismo bote pueden tener otro comportamiento totalmente diferente. De igual forma, las células que constituyen un organismo no son suficientes para explicar su comportamiento en general. (FERRER, 1998)

Bertalanffy, en 1933, revoluciona el pensamiento organísmico en su *Teoría de Sistemas del organismo*. Hace del pensamiento organísmico un pensamiento interesado en los Sistemas: es decir, el pensamiento Sistémico. (FERRER, 1998) (BERTALANFFY, 1976)

Según L. Von Bertalanffy el concepto de “complejidad organizada” va a ser el elemento sustantivo de la nueva disciplina: “Sistemas”. Él mismo sostiene (BERTALANFFY, 1976):

- a) Existe una jerarquía de niveles de organización más complejos.
- b) Cada nivel tiene propiedades “emergentes”, no existentes en el nivel inferior.
- c) Las propiedades “emergentes” no tienen significado en el nivel anterior.

Durante la evolución sufrida en el Pensamiento Sistémico el debate reduccionismo-holismo estuvo mezclado en muchos momentos con el debate mecanicismo-vitalismo.

Se ha demostrado que la complejidad está estrechamente relacionada con el concepto de azar. Un sistema o un fenómeno que tenga una estructura regular, repetitiva, poco compleja, deja poco margen para la aleatoriedad. En cambio, sistemas o fenómenos muy complejos son poco determinados, es decir, que su constitución no obedece a leyes deterministas, sino que el azar es el factor que juega el papel preponderante en la estructuración y evolución de dichos sistemas. A mayor complejidad, más aleatoriedad, menos determinismo. Incluso el propio Kolmogorov formuló una definición de aleatoriedad en términos de una medida de complejidad. (FERRER, 1998)

Del estudio de la complejidad de sistemas pueden derivarse sugerencias interesantes respecto a sistemas económicos y sociales: cuando un sistema es perturbado por su entorno, a tal grado que comience a alejarse de su estado de equilibrio, le esperan tres opciones posibles que son extinguirse, cerrar la comunicación con su entorno con la esperanza de retornar al equilibrio o, bien, incrementar su complejidad para alcanzar un nuevo estado de equilibrio en concordancia con las nuevas condiciones del entorno.

El abordaje de la complejidad ha hecho renacer con nuevos bríos la añeja polémica filosófica entre azar y necesidad, determinismo o indeterminismo. Las nuevas ideas asociadas con la complejidad han permitido distinguir con mayor nitidez entre dos tipos de azar: el azar epistemológico y el azar ontológico; o sea, el azar asociado con la ignorancia, o conocimiento, y el azar absoluto, natural e irreductible, respectivamente. Entendemos mejor el azar, pero aún se está lejos de comprenderlo por completo. (FERRER, 1998)

### 7.2.9 Pensamiento complejo

La aparición en el último cuarto del siglo XX de la Ciencia de la Complejidad y el Pensamiento Complejo han permitido ver la ciencia y la naturaleza de una forma muy diferente a la que se podría denominar la visión clásica de la naturaleza.

Edgar Morin ha dedicado muchas de sus obras al pensamiento complejo. A continuación se indicarán muchas de sus ideas reflejadas en el libro titulado *Introducción al pensamiento complejo*. (MORIN, 2003)

Según Morin, se pide al pensamiento que ponga orden y claridad en lo real, que revele las leyes que lo gobiernan. El término complejidad expresa la turbación, la confusión, la incapacidad para definir de manera simple, para poner orden en las ideas. Ya se ha visto en el apartado dedicado a la ciencia, la magia y la religión que estas han aparecido para dar algo de luz a las grandes dudas con las que se encuentra el ser humano. Tal como se verá más adelante, Morin basa su comprensión del mundo en la creciente complejidad. “El conocimiento científico fue concebido durante mucho tiempo, y aún lo es a menudo, como teniendo por misión la de disipar la aparente complejidad de los fenómenos, a fin de revelar el orden simple al que obedecen”. (MORIN, 2003)

Morin considera que la complejidad puede ayudar a entender el problema más que a darle una solución, y que esta comprensión del problema se basa en un diálogo constante con la realidad. Según Morin, la complejidad es una palabra problema y no una palabra solución. “No se trata de retomar la ambición del pensamiento simple de controlar y dominar lo real. Se trata de ejercitarse en un pensamiento capaz de tratar, de dialogar, de negociar, con lo real” (MORIN, 2003)

La palabra complejidad va asociada con la teoría de la Información, la Cibernética, la teoría de Sistemas y el concepto de autoorganización. El pensamiento complejo aspira al conocimiento multidimensional. Pero sabe, desde el comienzo, que el conocimiento complejo es imposible: uno de los axiomas de la complejidad es la imposibilidad, incluso teórica, de una omnisciencia. Morin propone no reducir a la fuerza la incertidumbre y la ambigüedad. (MORIN, 2003)

Morin indica que se vive bajo el imperio de los principios de *disyunción*, *reducción* y *abstracción*, cuyo conjunto constituye lo que llama el “*paradigma de simplificación*”. Morin recuerda que fue Descartes quien formuló este paradigma maestro de Occidente, desarticulando al sujeto pensante (*ego cogitans*) y a la cosa extensa (*res extensa*), es decir filosofía y ciencia, y postulando como principio de verdad a las ideas “claras y distintas” es decir, al pensamiento disyuntor mismo. El principio disyuntor ha aislado los tres grandes campos del conocimiento: la Física, la Biología, la Ciencia del hombre. Esta disyunción llegó a una nueva simplificación: la reducción de lo complejo a lo simple. El ideal del conocimiento científico clásico era descubrir, detrás de la complejidad aparente de los fenómenos, un orden perfecto legislador de una máquina perfecta. El pensamiento simplificante es incapaz de concebir la conjunción de lo uno y lo múltiple (*unitas multiplex*). Se ha llegado a la inteligencia ciega que aísla los objetos de sus ambientes. No concibe la unión entre el observador y la cosa observada. Las realidades clave son desintegradas. El ser humano se aproxima a una mutación sin precedentes en el conocimiento. Esta búsqueda de orden lleva a encontrar fórmulas que simplifican y mutilan la realidad. Todo esto lleva a la incapacidad para concebir la complejidad de la realidad antro-po-social, en su micro-dimensión (el ser individual) y en su macro-dimensión (el conjunto planetario de la humanidad). (MORIN, 2003)

Morin se plantea la pregunta ¿Qué es la complejidad? Según él, a primera vista la complejidad es un tejido (*complexus*: lo que está tejido en conjunto) de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple. Es el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen el mundo fenoménico. La complejidad se presenta con los rasgos de lo enredado, del desorden, la ambigüedad, la incertidumbre. La misma vida es un fenómeno de auto-eco-organización extraordinariamente complejo que produce la autonomía. (MORIN, 2003)

Un pensamiento mutilante conduce a acciones mutilantes. Su propósito es tomar conciencia de la patología contemporánea del pensamiento. La patología de la razón es la racionalización, que encierra a lo real en un sistema de ideas coherente, pero parcial y unilateral, y que no sabe que una parte de lo real es irracionalizable, ni que la racionalidad tiene por misión dialogar con lo irracionalizable. (MORIN, 2003: 34)

Morin desarrolla al mismo tiempo una epistemología de la complejidad conveniente al conocimiento del ser humano. Busca la teoría de la más alta complejidad humana. Se trata de una reorganización en cadena de eso que se entiende como el concepto de ciencia, un cambio fundamental, una revolución paradigmática. (MORIN, 2003)

Según él, se han abierto dos brechas en el cuadro epistemológico de la ciencia clásica. La *brecha microfísica*, que reveló la interdependencia de sujeto y objeto, permitió la inserción del azar en el conocimiento y la irrupción de la contradicción lógica en la descripción empírica; la *brecha macrofísica*, que unía en una misma entidad los conceptos hasta entonces absolutamente heterogéneos de espacio y tiempo. Estas dos brechas están infinitamente alejadas del ser humano, una en lo muy pequeño, la otra en lo muy grande. Como consecuencia: “lo simple (las categorías de la Física clásica que constituyen el modelo de toda ciencia) no es más el fundamento de todas las cosas, sino un pasaje, un momento entre dos complejidades, la complejidad microfísica y la complejidad macrofísica.” (MORIN, 2003).

Pascal indica que el hombre se encuentra en un término medio entre el infinito y la nada: “Porque, al fin, ¿qué es el hombre en la naturaleza? Una nada frente al infinito, un todo frente a la nada, un medio entre nada y todo. Infinitamente alejado de comprender los extremos, el fin de las cosas y su principio son para él invenciblemente ocultos en un secreto impenetrable, igualmente incapaz de ver la nada de donde él ha salido y el infinito de dónde él es absorbido” (PASCAL, 2002, pág. 42)

Morin también recuerda la teoría de Sistemas de Von Bertalanffy. Según Morin, la virtud sistémica es: haber puesto en el centro de la teoría, con la noción de sistema, no una unidad elemental discreta, sino una unidad compleja, un “todo” no reducible a la “suma” de sus partes; haber concebido la noción de sistema, no como una noción “real” o formal, sino como una noción ambigua, y situarse en un nivel transdisciplinario que concibe tanto la unidad como la diferenciación de las ciencias. El campo de la teoría de sistemas es, no solamente más amplio que el de la Cibernética, sino de una amplitud que se extiende a todo lo cognoscible. (MORIN, 2003: 42)

Morin recuerda que la idea de sistema abierto es una noción termodinámica. Los seres vivos son sistemas que dependen de un intercambio organizacional-informacional-energético. Esto, según Morin, significa:

- a) que se constituyó un puente entre la Termodinámica y la ciencia de lo viviente;
- b) que una idea nueva se ha desarrollado, que se opone a las nociones físicas de equilibrio/desequilibrio, y que está más allá de una y otra, conteniéndolas, en un sentido.

Para Morin los seres vivos son sistemas paradójicos: las estructuras se mantienen mientras los constituyentes cambian. En los organismos, en general, las moléculas y las células se renuevan mientras que el conjunto permanece aparentemente estable y estacionario. Son sistemas que organizan su autonomía en y por su apertura. “La autoorganización es una propiedad natural de los sistemas genéticos complejos.” (LEWIN, 1992) (MORIN, 2003)

Dos consecuencias capitales se desprenden de la idea de sistema abierto: la primera es que las leyes de organización de lo viviente no son de equilibrio, sino de desequilibrio. La segunda consecuencia es que la inteligibilidad del sistema se encuentra no sólo en el sistema mismo, sino en su relación con el ambiente, y esa relación no es una simple dependencia, sino que es constitutiva del sistema. La realidad está tanto en el vínculo como en la distinción entre el sistema abierto y su ambiente. Así pues, el sistema no puede ser comprendido más que incluyendo en sí al ambiente. (MORIN, 2003)

Se vuelve difícil estudiar sistemas abiertos como entidades radicalmente aislables. El concepto de sistema abierto abre la puerta a una teoría de la evolución, proveniente de interacciones entre sistema y eco-sistema y que puede ser concebido como un desborde del sistema en un meta-sistema. (MORIN, 2003)

Para Morin, el teorema de Gödel, produce una brecha irreparable en todo sistema axiomático que permite concebir la teoría y la lógica como sistemas abiertos. Morin indica que la Cibernética, la teoría de Sistemas y la teoría de la Información, cada una a su manera piden por una teoría de la Organización. La Biología moderna, de manera correlativa, ha pasado del organicismo al organizacionismo. Morin recuerda que



François Jacob entiende que la “Teoría General de las Organizaciones” no está aún elaborada, sino por edificarse. La teoría de la organización viviente, es decir, de la **autoorganización**, no está suficientemente desarrollada. Es importante señalar tres observaciones sobre la autoorganización: (MORIN, 2003)

1. Schrödinger puso de relieve desde 1945 la paradoja de la organización viviente, que no parece obedecer al segundo principio de la termodinámica.
2. La máquina viviente (auto-organizadora) presenta una importante diferencia respecto a la máquina artefacto (simplemente organizada). La máquina artefacto está constituida por partes muy fiables, pero cuando falla una parte, la máquina se para, y debe repararse externamente. La máquina en su conjunto es menos fiable que cada elemento aislado. Una máquina viviente cuando sufre una avería, se autorepara. Las partes son menos fiables. En un organismo las células se mueren y se renuevan. Hay gran confiabilidad del conjunto y débil confiabilidad de los constituyentes. (MORIN, 2003)
3. La idea de autoorganización opera una gran mutación en el status ontológico del objeto, que va más allá de la ontología cibernética.
  - a. El objeto es fenoméricamente individual. Para los objetos autoorganizadores hay adecuación total entre la forma fenomérica y el principio de organización. El objeto cibernético, tratándose de la máquina artificial, dispone de una organización ligada a su principio de organización; pero ese principio de organización es externo, es debido al hombre. La individualidad del sistema viviente se distingue de otros sistemas cibernéticos.
  - b. Está dotado de **autonomía**, autonomía ciertamente relativa, pero autonomía organizacional, orgánica y existencial. La autoorganización es una meta-organización con respecto a los órdenes de organización preexistentes, con respecto, evidentemente, a aquellos de las máquinas artificiales. Esta extraña relación, esta coincidencia entre lo *meta* y lo auto merece meditación.

Al mismo tiempo que el sistema auto-organizador se desprende del ambiente y se distingue de él, y de allí su autonomía y su individualidad, se liga tanto más a ese ambiente al incrementar la apertura y el intercambio que acompañan a todo progreso de la complejidad: es **auto-eco-organizador**. El sistema auto-eco-organizador tiene su individualidad misma ligada a relaciones muy ricas, aunque dependientes, con el ambiente: necesita alimentos, materia/energía, pero también información, orden. El ambiente está dentro de él y juega un rol eco-organizador. El sistema auto-eco-organizador, no puede, entonces, bastarse a sí mismo, no puede ser totalmente lógico más que introduciendo, en sí mismo, al ambiente ajeno. (MORIN, 2003)

Morin indica que el orden auto-organizado no puede complejizarse más que a partir del desorden o, más aún, a partir del “ruido” (Von Foerster). Este es un fundamento de la auto-organización, y el carácter paradójico de esta proposición nos muestra que el orden de lo viviente no es simple, no depende de la lógica aplicada a todas las cosas mecánicas, sino que postula una lógica de la complejidad. (MORIN, 2003)

¿Qué es la complejidad? A primera vista, es un fenómeno cuantitativo, una cantidad extrema de interacciones e interferencias entre un número muy grande de unidades. De hecho, todo sistema auto-organizador (viviente), hasta el más simple, combina un número muy grande de unidades, del orden del billón, ya sea moléculas en una célula, células en un organismo (más de diez billones de células en el cerebro humano, más de treinta billones en el organismo). Pero la complejidad no comprende solamente cantidades de unidades e interacciones que desafían nuestras posibilidades de cálculo; comprende también incertidumbres, indeterminaciones, fenómenos aleatorios. En un sentido, la complejidad **siempre está relacionada con el azar**. (MORIN, 2003: 60).

Pero la complejidad no se reduce a la incertidumbre, **es la incertidumbre en el seno de los sistemas organizados**. Tiene que ver con los sistemas semi-aleatorios cuyo orden es inseparable de los azares que lo incluyen. La complejidad está así ligada a una cierta mezcla de orden y desorden. (MORIN, 2003) Tal como indica Lewin: “Completamente ordenado aquí... Completamente aleatorio aquí. La complejidad se produce en algún lugar intermedio.” (LEWIN, 1992) Así, para Morin y Lewin, la complejidad combina un elevado número de interacciones con un cierto grado de aleatoriedad.

Morin indica que lo propiamente científico era, hasta el presente, eliminar la imprecisión, la ambigüedad, la contradicción. Pero hace falta una cierta imprecisión y una imprecisión cierta, no solamente en los fenómenos, sino también en los conceptos. Uno de los grandes progresos de las matemáticas de hoy es el de considerar los *fuzzy sets*, los conjuntos imprecisos. Morin matiza que es necesario trabajar con lo insuficiente y lo impreciso; hace falta aceptar una cierta ambigüedad y una ambigüedad cierta. En la relación sujeto/objeto, orden/desorden, auto/hetero-organización hay que reconocer fenómenos inexplicables, como la libertad o la creatividad, inexplicables fuera del cuadro complejo que permite su aparición. (MORIN, 2003)

Pruebas de la autoorganización son la autonomía, la individualidad, la riqueza de relación con el ambiente, las aptitudes para el aprendizaje, la inventiva, la creatividad, etc. Esta autoorganización existente en todos los seres en general, en el ser humano se combina con la propia complejidad del cerebro humano, por lo que Morin propone como noción nueva y capital para considerar el problema humano, a la *hipercomplejidad*. La teoría de la autoorganización y la de la complejidad tocan los sustratos comunes a la Biología y a la Antropología. (MORIN, 2003)

Se puede concebir que la auto-referencia llevará a la conciencia de sí, que la auto-reflexividad llevará a la reflexión, en suma, a aparecer “sistemas dotados de una capacidad de autoorganización tan elevada como para producir una misteriosa cualidad llamada conciencia de sí (*consciousness or self-awareness*)” Morin indica que una vez que el sujeto emerge, lleva en sí su individualidad irreductible, su suficiencia y su insuficiencia. Lleva en sí la brecha, la fragmentación, la pérdida, la muerte, el más allá. El sujeto y el objeto aparecen así como las dos emergencias últimas, inseparables de la relación sistema auto-organizador/eco-sistema. (MORIN, 2003)

La ciencia occidental se fundó sobre la eliminación positivista del sujeto a partir de la idea de que los objetos, al existir independientemente del sujeto, podían ser observados y explicados en tanto tales. Dentro de este marco de referencia, el sujeto es, o bien el “ruido”, es decir, la perturbación, la deformación, el error, que hace falta eliminar a fin de lograr el conocimiento objetivo, o bien el espejo, simple reflejo del universo objetivo. (MORIN, 2003)

El sujeto es rechazado, como perturbación o como ruido, precisamente porque es indescriptible según los criterios del objetivismo. Pero, rechazado por la ciencia, el sujeto se toma revancha en el terreno de la moral (ética), la metafísica y la ideología (humanismo). El sujeto se despliega entonces en el reino no ocupado por la ciencia. A la eliminación positivista del sujeto responde, desde el polo opuesto, la eliminación metafísica del objeto, el mundo objetivo se disuelve en el sujeto que piensa. Descartes es el primero que hizo surgir en toda su radicalidad esa dualidad que habría de marcar al Occidente moderno, postulando alternativamente al universo objetivo de la *res extensa*, abierto a la ciencia, y el *cogito* subjetivo, irreductible primer principio de realidad.

Luego la dualidad del objeto y del sujeto se plantea en términos de disyunción, de repulsión, de anulación recíproca. El encuentro entre sujeto y objeto anula siempre a uno de los dos términos: o bien el sujeto se vuelve “ruido”, falto de sentido, o bien es el objeto, en última instancia el mundo, el que se vuelve “ruido”. Morin indica que si bien estos términos disyuntivos/repulsivos se anulan mutuamente, son, al mismo tiempo, inseparables. No hay objeto si no es con respecto a un sujeto (que observa), y no hay sujeto si no es con respecto a un ambiente objetivo (que le permite reconocerse pero también existir). Sujeto y objeto son indisociables, pero el modo de pensar actual excluye a uno u otro, permitiendo elegir entre el sujeto metafísico y el objeto positivista. (MORIN, 2003)

Morin indica que es interesante subrayar que la disyunción sujeto/objeto produce al mismo tiempo la disyunción entre el determinismo, propio de los objetos, y la indeterminación que se volvía lo propio del sujeto. El paradigma clave de Occidente: el objeto es lo cognoscible, lo determinable, lo aislable y, por lo tanto, lo manipulable; el sujeto es lo desconocido, lo indeterminado, por espejo, por extraño, por totalidad. Morin indica que el ser humano se ha desenraizado de la alternativa determinismo/azar porque el sistema auto-organizador tiene necesidad de la indeterminación y del azar para su propia auto-determinación. Se ha escapado de la disyunción y anulación del sujeto y del objeto porque el concepto de sistema abierto requiere una interdependencia sistema eco-sistema. Al partir del sistema auto-eco-organizador e ir ascendiendo, de complejidad en complejidad, el hombre llega finalmente a un sujeto reflexivo que no es otro que él mismo que trata de pensar la relación sujeto-objeto. (MORIN, 2003)

Así es que el mundo está en el interior del espíritu del hombre, el cual está en el interior del mundo. En este proceso, sujeto y objeto son constitutivos uno del otro. No puede escapar a un principio de incertidumbre generalizado. Hay una incertidumbre fundamental, ontológica, sobre la relación entre el sujeto y el ambiente. Una nueva concepción emerge tanto de la relación compleja del sujeto y del objeto, como del carácter insuficiente e incompleto de una y otra noción. Tanto el sujeto, el objeto como el ambiente en el que se encuentran, deben permanecer abiertos entre sí. Morin considera que sería un error ontológico el dejar cerrados, petrificados, los conceptos de base de la ciencia. (MORIN, 2003)

El esfuerzo teórico cuyo movimiento se ha indicado, trabajando naturalmente sobre la relación sujeto-objeto, trabaja, al mismo tiempo, sobre la relación entre el investigador y el objeto de su conocimiento: al traer consustancialmente un principio de incertidumbre y de autoreferencia, trae consigo un principio auto-crítico y auto-reflexivo; a través de esos dos rasgos, lleva ya, en sí mismo, su propia potencialidad epistemológica. (MORIN, 2003).

Lo expuesto por Morin puede trasladarse a lo que sucede entre invento/inventor o creador/creación. La interrelación objeto/sujeto se ve en este caso reflejado por las constantes preguntas/respuestas que se hace el inventor, durante la búsqueda de un nuevo invento, y que a su vez transforman tanto al inventor como al invento. Esta interrelación modifica a ambos. El inventor aumenta su conocimiento y el invento se transforma. Esta interrelación tiene un alto grado de complejidad, lo cual se traduce en que existe un elevado número de variables e interacciones y al mismo tiempo un alto grado de incertidumbre, las cuales se combinan con ciertas dosis de aleatoriedad.

Hay, entre el sistema cerebral humano y su ambiente, una incertidumbre fundamental que no puede ser evitada: la Biología del conocimiento muestra que no hay ningún dispositivo, en el cerebro humano, que permita distinguir lo real de lo imaginario; hay incertidumbre acerca del carácter del conocimiento del mundo exterior. Este conocimiento está inscrito en los innatos “patterns” de organización. (MORIN, 2003)

Morin indica que hace falta otro meta-sistema, de *carácter lógico*, que examine la teoría desde el punto de vista de su consistencia interna. Se entra aquí en el campo de la Epistemología, pero choca con el problema de la indecibilidad gödeliana. El teorema de Gödel vale a fortiori para todo sistema teórico: en un sistema formalizado hay por lo menos una proposición indecidible. Se abre una brecha en el sistema, que se vuelve incierto. La proposición indecidible puede ser demostrada en otro sistema, en verdad un meta-sistema, pero éste tendrá una nueva brecha lógica. Aparece una especie de barrera infranqueable al conocimiento. Pero se puede ver una incitación a la superación del conocimiento, a la constitución de meta-sistemas, movimiento que, de meta-sistema en meta-sistema, hace progresar el conocimiento, pero hace siempre aparecer, al mismo tiempo, una nueva ignorancia y un nuevo desconocimiento. Todo ello incita a una Epistemología abierta. (MORIN, 2003)

La noción de sujeto no cobra sentido más que dentro de un eco-sistema (natural, social, familiar, etc.) y debe ser integrada en un meta-sistema. Esta teoría supone y explícita una Ontología, que no solamente pone el acento sobre la relación en detrimento de la sustancia, sino que también pone el acento sobre las emergencias, las interferencias, como fenómenos constitutivos del objeto. (MORIN, 2003)

Para Morin la Ciencia se ha vuelto ciega por su incapacidad de controlar, prever, incluso concebir su rol social, por su incapacidad de integrar, articular, reflexionar sus propios conocimientos. Morin remarca que “se trata no solamente de reconocer la presencia, sino de integrar, a lo aleatorio, tanto en su carácter de imprevisibilidad, como en su carácter de evento. Se trata al menos de reconocer aquello que ha quedado siempre silenciado en las teorías de la evolución: la inventividad y la creatividad. La ciencia clásica había rechazado al accidente, al evento, a lo aleatorio, a lo individual. Se trata, pues, de desarrollar, más allá del reduccionismo y del holismo, la idea de unidad compleja.” La metodología científica era reduccionista y cuantitativa. La lógica de occidente era una lógica homeostática (autorreguladora), destinada a mantener el equilibrio del discurso mediante la expulsión de la contradicción y del error. La imaginación, la iluminación, la creación, sin las cuales el progreso de la ciencia no hubiera sido posible, no entraban en las ciencias más que ocasionalmente: eran, lógicamente, no dignas de atención, y, epistemológicamente, siempre condenables. (MORIN, 2003)

La complejidad ha sido percibida y descrita por la novela del siglo XIX y comienzos del XX. Mostraba que la vida cotidiana es, de hecho, una vida en la que cada uno juega varios roles sociales, de acuerdo a quien sea en soledad, en su trabajo, con amigos o con desconocidos. No es solamente la sociedad la que es compleja, sino también cada átomo del mundo humano. Al mismo tiempo, en el siglo XIX, la ciencia tiene un ideal exactamente opuesto. Ese ideal se afirma en la visión del mundo de Laplace. Los científicos, de Descartes a Newton, tratan de concebir un universo que sea una máquina determinista perfecta. Es ese mundo el que va a desordenarse y luego desintegrarse. (MORIN, 2003)

Para comprender el problema de la complejidad, hay que saber, antes que nada, que hay un paradigma de la simplicidad. Este es un paradigma que pone orden en el universo, y persigue al desorden. Con esta voluntad de simplificación, el conocimiento científico se daba por misión la de desvelar la simplicidad escondida detrás de la aparente multiplicidad y el aparente desorden de los fenómenos. Tenía necesidad de saber que había algo perfecto y eterno: el universo mismo (MORIN, 2003)

Lo que es más, en el siglo XX tuvo lugar este acontecimiento mayor: la irrupción del desorden en el universo físico. El desorden está ligado a todo trabajo, a toda transformación. La vida es un progreso que se paga con la muerte de los individuos; la evolución biológica se paga con la muerte de innumerables especies. Es decir, que un orden organizacional (remolino) puede nacer a partir de un proceso que produce desorden (turbulencia). De allí la teoría dominante en el mundo actual de los astrofísicos, de un origen del universo que fuera una explosión, un *big-bang*. Eso condujo a una idea sorprendente: el universo comienza como una desintegración, y es desintegrándose que se organiza. Así se ve como la agitación y el encuentro al azar son necesarios para la organización del universo. Esta organización, de esta forma se une a dos nociones que, lógicamente, parecieran excluirse: orden y desorden.

El mundo de la vida incluye y tolera mucho más desórdenes que el mundo de la Física. Vivir, de alguna manera, es morir y rejuvenecerse sin cesar. Dicho de otro modo, se vive de la muerte de las células, así como una sociedad vive de la muerte de sus individuos, lo que le permite rejuvenecer. (MORIN, 2003)

En el caso de un inventor, éste debe matar ideas y al mismo tiempo debe hacer que nazcan otras nuevas. Debe de generar muchas ideas para poder obtener alguna aceptable a pesar de la muerte de todas las otras. Al mismo tiempo esta lucha por la supervivencia de las ideas, diálogo inventor/invento, tal como se ha visto, realimenta a ambos y les hace crecer. Dado que las ideas nacen en la imaginación, ésta debe fomentarse al máximo para lo cual debe de estarse constantemente rejuveneciendo la mente para que ésta pueda hacer nacer un gran nuevo número de ideas. Este bucle forma parte de la vida a la invención.

La aceptación de la complejidad es la aceptación de una contradicción. Si se concibe un universo que no sea más un determinismo estricto, sino un universo en el que se crea, no solamente en el azar y el desorden, sino mediante procesos autoorganizadores, es decir, donde cada sistema crea sus propios determinantes y sus propias finalidades, se puede comprender la autonomía y qué quiere decir ser sujeto. Ser sujeto es ponerse en el centro del mundo, ocupar el lugar del “yo”. Ser sujeto, es ser autónomo siendo dependiente. La autonomía humana es compleja porque depende de condiciones culturales y sociales. Esa autonomía se nutre de dependencias: de una educación, de un lenguaje, de una cultura, de una sociedad, de un cerebro, de un programa genético, y de los genes. (MORIN, 2003)

El hombre es una mezcla de autonomía, de libertad, de heteronomía e incluso de posesión de fuerzas ocultas que no son simplemente las del inconsciente descubiertas por el psicoanalista. Se puede decir que aquello que es complejo recupera la incertidumbre, la incapacidad de lograr la certeza, de formular la ley, de concebir un orden absoluto. Ello no significa un error sino el hallazgo de una capa profunda de la realidad que no puede ser traducida a la lógica. La conciencia de la complejidad hace comprender que no se pueda escapar a la incertidumbre y que nunca se podrá tener un saber total: “la totalidad es la no verdad”. El hombre está condenado al pensamiento incierto, sin ningún fundamento absoluto de certidumbre. Pero, al mismo tiempo, el hombre es capaz de pensar en esas condiciones dramáticas. Se llega así a los instrumentos que permitirán conocer el universo completo. Esos instrumentos son, evidentemente, de naturaleza racional. La razón corresponde a una voluntad de tener una visión coherente de los fenómenos, de las cosas y del universo. (MORIN, 2003)



Así pues, parece ser que para Morin lo importante es la racionalidad entendida como **coherencia**. La racionalidad, de algún modo, no tiene jamás la pretensión de englobar la totalidad de lo real dentro de un sistema lógico, pero tiene la voluntad de dialogar con aquello que lo resiste. Como lo decía ya Shakespeare: “Hay más cosas en el mundo que en nuestra filosofía”. El universo es mucho más rico que lo que las estructuras del cerebro puedan concebir. La racionalización consiste en querer encerrar la realidad dentro de un sistema coherente. (MORIN, 2003: 102)

La racionalidad y racionalización tienen la misma fuente, pero al desarrollarse se vuelven enemigas una de otra. Se debe luchar contra la deificación de la Razón que es, sin embargo, el único instrumento fiable de conocimiento, a condición de ser no solamente crítico, sino **autocrítico**. El hombre tiene dos tipos de delirio. Uno es, evidentemente, bien visible, es el de la incoherencia absoluta, las onomatopeyas, las palabras pronunciadas al azar. El otro es mucho menos visible, es el delirio de la coherencia absoluta. El recurso contra este segundo delirio es la racionalidad autocrítica y la utilización de la experiencia. Se necesita un diálogo permanente con el descubrimiento. (MORIN, 2003)

Morin propone tres principios que pueden ayudar a pensar la complejidad:

- El principio **dialógico**. Hay una dialéctica entre dos lógicas. Orden y desorden se suprime pero, al mismo tiempo, colaboran y producen la organización y la complejidad. El ser humano se encuentra en una dialéctica entre individuo y colectividad, con intereses diferentes y a veces contrapuestos o complementarios.
- El principio de **recursividad organizacional**. Un proceso recursivo es donde los productos y los efectos son causas y productores de aquello que los produce. El individuo es producto de un proceso de reproducción anterior a él. Pero, una vez producido, se vuelve productor del proceso. La sociedad y el individuo producen interacciones entre ambas. Resultado de ellas son la cultura y el lenguaje. Ambas se producen mutuamente. Esta retroalimentación produce ciclos auto-constitutivos, auto-organizadores y auto-productores.

- El tercer principio es el **hologramático**. En un holograma cada punto contiene la casi totalidad de la información del objeto representado. No solamente la parte está en el todo, sino que el todo está en la parte. En el mundo biológico: cada célula contiene la totalidad de la información genética del organismo. La idea del hologramismo trasciende al reduccionismo, que no ve más que las partes, y al holismo, que no ve más que el todo. Es la idea de Pascal: "No puedo concebir al todo sin concebir a las partes y no puedo concebir a las partes sin concebir al todo". Esta idea paradójica inmoviliza al espíritu lineal. Se puede enriquecer el conocimiento de las partes por el todo y del todo por las partes (MORIN, 2003)

Morin recuerda que tanto la lógica de Tarski como el teorema de Gödel dicen que ningún sistema es capaz de auto-explicarse totalmente a sí mismo ni de auto-probarse totalmente. Si se une la causa y el efecto, el efecto volverá sobre la causa, por retroacción y el producto será también productor. Debe reunirse lo Uno y lo Múltiple, pero lo Uno no se disolverá en lo múltiple y lo Múltiple será, asimismo, parte de lo Uno. (MORIN, 2003: 110)

Morin trata la relación existente entre **la acción y la complejidad**. Parece que la acción simplifica porque, ante una alternativa, se decide. La acción es una **decisión** pero es también una apuesta. Contiene la conciencia del riesgo y de incertidumbre. La acción es **estrategia**: no sigue un programa determinado. La estrategia permite imaginar un cierto número de escenarios, modificables según la información recibida durante la acción y según los elementos aleatorios perturbadores. La estrategia busca información y evita el azar utilizándolo en su beneficio.

La estrategia saca ventaja del azar y, cuando se trata de estrategia con respecto a otro jugador, la buena estrategia utiliza los errores del adversario. El azar no es solamente el factor negativo a reducir en el dominio de la estrategia. Es también la suerte a ser aprovechada. El dominio de la acción es muy aleatorio, muy incierto. Impone una conciencia muy aguda de los elementos aleatorios, las derivas, las bifurcaciones. La acción escapa a las intenciones. Aquí interviene la noción de **ecología de la acción**. Esta acción entra en un universo de interacciones y es finalmente el ambiente el que toma posesión, en un sentido que puede volverse contrario a la intención inicial. A menudo, la acción se volverá como un boomerang sobre quien la realiza. (MORIN, 2003)

La acción supone complejidad, es decir, aleatoriedad, azar, iniciativa, decisión, conciencia de las derivas y de las transformaciones. Para las secuencias situadas en un ambiente estable, conviene utilizar *programas*. El programa no obliga a estar vigilante. No obliga a innovar. Así es que cuando alguien se sienta al volante de su coche, una parte de su conducta está programada. En cambio, en un ambiente cambiante lo importante es adoptar una estrategia. La acción puede, ciertamente, bastarse con la estrategia inmediata que depende de las intuiciones, de las dotes personales del estratega. Le sería también útil beneficiarse de un pensamiento de la complejidad. Pero el pensamiento de la complejidad es, desde el comienzo, un desafío.

Los seres humanos, la sociedad, la empresa, son *máquinas no triviales*: a partir de inputs no se pueden conocer todos sus outputs. El ser humano puede ser una máquina trivial. En efecto, la vida social exige comportamientos como máquinas triviales. Lo importante, es lo que sucede en momentos de crisis, en momentos de decisión, en los que la máquina se vuelve no trivial: actúa de manera predecible. Todo lo que concierne al surgimiento de lo nuevo es no trivial y no puede ser predicho por anticipado. Todos los acontecimientos que se producen en la historia, en especial en situaciones de crisis, son acontecimientos no triviales que no pueden ser predichos por anticipado. Todo lo que va a suceder de importante en la política mundial surgirá de lo inesperado. Toda crisis es un incremento de las incertidumbres. La predictibilidad disminuye. Los desórdenes se vuelven amenazadores. En ese momento de crisis es necesario abandonar los programas, hay que inventar estrategias. (MORIN, 2003)

Morin recuerda que debe de estarse preparado para lo inesperado. La complejidad no es una receta para conocer lo inesperado. Pero si puede hacer que se sea prudente, *atento*, y no dormirse en la aparente mecánica y trivialidad de los determinismos. Ella muestra que no debe caerse en la creencia de que lo que sucede ahora va a continuar indefinidamente. Morin indica que todo lo importante que sucede en la historia mundial o en la vida particular es totalmente inesperado. El hombre actúa como si nada inesperado debiera suceder nunca. Sacudir esa pereza del espíritu es una lección que aporta el pensamiento complejo. El pensamiento complejo no rechaza, de ninguna manera, a la claridad, el orden, el determinismo. Pero los sabe insuficientes, sabe que no se puede programar el descubrimiento, el conocimiento, ni la acción. (MORIN, 2003)

La complejidad necesita una estrategia. En situaciones normales la conducción automática es posible, pero la estrategia se impone siempre que sobreviene lo inesperado o lo incierto, es decir, desde que aparece un problema importante. El pensamiento complejo ayuda diciendo: “No olvides que la realidad es cambiante, no olvides que lo nuevo puede surgir y, de todos modos, va a surgir”. La complejidad se sitúa en un punto de partida para una acción más rica, menos mutilante. Morin cree profundamente que cuanto menos mutilante sea un pensamiento, menos mutilará a los humanos. (MORIN, 2003)

Morin trata la relación entre *empresa y complejidad*. Para ello habla de tres etapas:

- **Primera etapa de la complejidad:** al unir cada parte en un todo, se obtiene un todo de mayores propiedades que cada parte. *El todo es más que la suma de las partes que lo constituyen*. Es una especie de principio de construcción (o *creación*): con diferentes componentes se realiza un conjunto. Es una creación estática e individual. Así, un ladrillo no es una catedral. Una catedral está hecha de muchos ladrillos.
- **Segunda etapa de la complejidad:** El todo no explica las propiedades que tienen cada una de las partes, que si se unieran de otra forma darían otro todo totalmente diferente. *El todo es menos que la suma de las partes*. Este es una especie de principio de reconstrucción (o *recreación*): con las mismas partes se puede generar un conjunto diferente. Es una recreación estática e individual. Así, la catedral de Burgos está hecha de piedra igual que la de Köln, ... pero ambas son diferentes.
- **Tercera etapa:** Presenta dificultades para el entendimiento y la estructura mental. *El todo es más y, al mismo tiempo, menos que la suma de las partes*. Este es una especie de principio de *Creación* con mayúscula (*auto-creación*/retrocreación). Agrupa a la construcción (creación) y a la reconstrucción (recreación). Una nueva construcción, desde que se inicia, pasa por diferentes etapas de construcción y reconstrucción, desde la idea inicial hasta la fase final. Además, el equipo de arquitectos se realimenta y aprende de las propuestas y posibles reconstrucciones que se van proponiendo. No solo se recrea la construcción sino que el arquitecto recrea su conocimiento en base a sus acciones. Hay una recreación del objeto y del sujeto.

Posterior al momento de la inauguración la creación sigue avanzando a medida que pasa el tiempo. El propio tiempo la altera, apareciendo readaptaciones o diferentes empleos a la catedral construida con un fin inicial. La historia demuestra que en caso de guerra una catedral puede servir para guarecer tropas y caballos, y tras su destrucción puede reconvertirse en otros nuevos edificios. Esta tercera etapa, permite indicar que toda auto-creación, en cualquier momento puede, además, forzar que el diseñador cambie su visión inicial y así tener una creación totalmente nueva. Demuestra que toda creación es dinámica, temporal y múltiple. Esta visión compleja ayuda a integrar la incertidumbre en el acto creador y al mismo tiempo, esta consciencia de su existencia da la posibilidad de aprovecharse de ella.

En una construcción los ladrillos no están distribuidos al azar. Están organizados de forma que cada unidad constructiva contribuye al conjunto. Y la construcción en su totalidad es un fenómeno perceptible y cognoscible, que no puede ser explicado por ninguna ley simple.

Morin indica que organizando la producción de objetos y de servicios, la empresa se auto-organiza, se auto-mantiene, si es necesario se auto-repara y, si las cosas van bien, se auto-desarrolla desarrollando su producción. Así es que produciendo productos se desarrolla un proceso en el que el productor se produce a sí mismo. El productor mismo es su propio producto.

Morin presenta un problema de causalidad: **Primer ángulo: la causalidad lineal.** Tal cosa produce tales efectos. **Segundo ángulo: la causalidad circular retroactiva.** Una empresa necesita ser regulada. La acción de la empresa en el mercado puede alterar la propia producción de productos (estimularlos o hacerlos disminuir). **Tercer ángulo: la causalidad recursiva.** El producto es productor de lo que produce. Estas tres causalidades se reencuentran en todos los niveles de organización complejos. La Sociedad, por ejemplo, es producida por las interacciones entre los individuos que la constituyen. Esta comprensión de la complejidad requiere un cambio muy profundo de las estructuras mentales. No está el individuo por un lado y la Sociedad por otro. No se encuentra el individuo por un lado y la empresa por otro. Los dos procesos son inseparables e interdependientes. (MORIN, 2003)

Morin indica como pasar de la auto-organización a la auto-eco-organización. La empresa, organismo viviente, se auto-organiza, y realiza su auto-producción, al mismo tiempo, realiza la auto-eco-organización y la auto-eco-producción. La empresa está ubicada en un ambiente exterior. El principio de la auto-eco-organización tiene valor hologramático: el todo está en el interior de la parte que está en el interior del todo. Se está frente a sistemas extremadamente complejos en los que la parte está en el todo y el todo está en la parte. Eso es válido para la empresa que tiene sus reglas de funcionamiento y, en cuyo interior, juegan las leyes de la sociedad en su totalidad.

Las indicaciones de Morin llevan a que el inventor inventa al invento y, al mismo tiempo, el invento inventa al inventor. Morin también indica como vivir y tratar con el desorden. (MORIN, 2003)

Una empresa se auto-eco-organiza en torno a su mercado: el mercado, un fenómeno a la vez ordenado, organizado y aleatorio. Aleatorio porque no hay certidumbre absoluta sobre las oportunidades y posibilidades de vender los productos y los servicios, aunque haya posibilidades, probabilidades, plausibilidades. El mercado es una mezcla de orden y desorden. Para Morin, el universo es un cóctel de orden, desorden y organización. El hombre se encuentra en un universo del que no se puede eliminar lo aleatorio, lo incierto, el desorden. Se debe vivir y tratar con el desorden. (MORIN, 2003)

*¿El orden?* Es todo aquello que es repetición, constancia, invariabilidad, todo aquello que puede ser puesto bajo la égida (piel de la cabra Alatea, que servía de escudo a Júpiter y a Minerva) de una relación altamente probable, encuadrado bajo la dependencia de una ley. *¿El desorden?* Es todo aquello que es irregularidad, desviación con respecto a una estructura dada, elemento aleatorio, imprevisibilidad. En un universo de orden puro, no habría innovación, creación, evolución. No habría existencia viviente ni humana. Del mismo modo, ninguna existencia sería posible en el puro desorden, porque no habría ningún elemento de estabilidad sobre el cual fundar una organización. (MORIN, 2003)

Morin habla de la estrategia, el programa y la organización. Para él, la noción de estrategia se opone a la de programa. Un programa es una secuencia de acciones predeterminadas que debe funcionar en circunstancias que permitan el logro de los objetivos. Si las circunstancias exteriores no son favorables, el programa se detiene o falla. La estrategia elabora uno o varios escenarios posibles. Desde el comienzo se prepara, si sucede algo nuevo o inesperado, a integrarlo para modificar o enriquecer su acción. La ventaja del programa es la gran economía: se basa en automatismos. Una estrategia se determina teniendo en cuenta una situación aleatoria, elementos adversos e, inclusive, adversarios, y está destinada a modificarse en función de las informaciones provistas durante el proceso, puede así tener una gran plasticidad. (MORIN, 2003)

Parece que según la óptica expuesta: la razón (consciencia) genera programas y la intuición (inconsciencia) genera estrategias. Es la complejidad humana (el hombre y su cerebro) quien por medio de la inteligencia y la creatividad combina programas con estrategias para resolver sus conflictos. (MORIN, 2003)

El factor “juego” es un factor de desorden pero también de flexibilidad: la voluntad de imponer en el interior de una empresa un orden implacable no es eficiente. Es necesario dejar una parte de iniciativa a cada escalón y a cada individuo. (MORIN, 2003)

Para Morin lo importante son las *relaciones*. Las relaciones en el interior de una organización, de una sociedad, de una empresa, son complementarias y antagonistas al mismo tiempo. El desorden da vida al orden. Para Morin, el desorden constituye la respuesta inevitable, necesaria e incluso, a menudo, fecunda, al carácter esclerotizado, esquemático, abstracto y simplificador del orden. Morin propone un problema histórico global: ¿cómo integrar en las empresas las libertades y los desordenes que pueden aportar adaptatividad e inventiva, pero también la descomposición y la muerte? Según él, hacen falta *solidaridades vívidas*. Indica cuanto más compleja es una organización, más tolera el desorden. Eso es la vitalidad, los individuos son aptos para tomar una iniciativa sin tener que pasar por la jerarquía central. Pero un exceso de complejidad es, finalmente, desestructurante. Se requiere una organización con libertades pero al mismo tiempo una solidaridad profunda entre sus miembros, con el fin de evitar la desintegración. La solidaridad vívida (llena de vida, intensa) es lo único que permite el incremento de la complejidad. (MORIN, 2003: 131)

Morin se plantea una *epistemología de la complejidad*. Para ello cree que, ante todo, la necesidad misma del tipo de pensamiento complejo necesita reintegrar al observador en su observación. Cree que la aspiración a la totalidad es una aspiración a la verdad y que el reconocimiento de la imposibilidad de la totalidad es una verdad muy importante.

Morin indica que siente una especie de *“tensión trágica”*. Dice trágica, no para posar como un personaje trágico, sino para plantear la tragedia del pensamiento condenado a afrontar las contradicciones sin poder jamás terminar con ellas. Ese mismo sufrimiento trágico va parejo con la búsqueda de un meta-nivel en el cual poder “superar” la contradicción sin negarla. Pero ese meta-nivel no es el de la síntesis lograda; ese meta-nivel incluye, también, su brecha, sus incertidumbres y sus problemas. El hombre es llevado por la aventura indefinida o infinita del conocimiento. (MORIN, 2003)

Morin indica que la idea de que se está en la prehistoria del espíritu humano es una idea muy optimista. Nos abre el porvenir, siempre a condición de que la humanidad disponga de un futuro. La complejidad, no es solamente la unión de la complejidad con la no-complejidad (la simplificación); la complejidad se halla en el corazón de la relación entre lo simple y lo complejo porque una relación tal es, a la vez, antagonista y complementaria. La complejidad es la dialógica orden/desorden/organización.

Morin indica que, a pesar de su ideal simplificador, la ciencia ha progresado porque era, de hecho, compleja. Es compleja porque en el nivel mismo de su sociología hay una lucha, un antagonismo complementario entre su principio de rivalidad, de conflictividad entre ideas o teorías, y su principio de unanimidad, de aceptación de la regla de verificación y de argumentación. La ciencia se funda sobre el consenso y, a la vez, sobre el conflicto. Ella marcha, al mismo tiempo, sobre cuatro patas independientes e interdependientes: la racionalidad, el empirismo, la imaginación, la verificación. Toda conquista del reduccionismo se paga, en realidad, con una nueva complejización. Jamás se encuentra lo que se busca. Más aún, Morin indica que se encuentra lo contrario de lo que se busca. (MORIN, 2003)



En ciertos niveles de organización emergen ciertas cualidades y propiedades específicas de esos niveles. Morin habla de la relación existente entre ruido e información. Indica que no debe pensarse que el ruido es la única fuente de novedad. Recuerda que el azar, siempre indispensable, no está nunca sólo y no lo explica todo. Es necesario que haya un reencuentro entre lo aleatorio y una potencialidad organizadora. Así es que Morin no reduce lo nuevo al “ruido”. Hace falta algo, tal como una potencialidad reorganizadora incluida en la auto-organización, que reciba al acontecimiento aleatorio. (MORIN, 2003)

Ciertamente, continúa hallando muy rica la idea de que cuanto más complejidad existe, más diversidad hay, más interacciones existen, más hay de aleatorio, es decir, que la muy alta complejidad desemboca, en el límite, en la desintegración. Morin cree que, desde el primer volumen de *El método*, formula algo que es totalmente diferente al principio del orden a partir del ruido de Atlan, si bien había partido de esa idea, ella misma surgida de la idea de Von Foerster: “*Order from noise*”.

El *tetragrama orden/desorden/interacción/organización* no puede ser comprimido. No se puede reducir la explicación de un fenómeno ni a un principio de orden puro, ni a un principio de puro desorden, ni a un principio de organización último. Hay que mezclar y combinar estos principios. Morin indica que el orden, el desorden y la organización son interdependientes, y ninguno es prioritario. La información debe ser definida de manera físico-bio-antropológica. La información tiene algo físico, pero no aparece más que con el ser viviente. No juzga la noción de información, entropía y neguentropía piezas clave de inteligibilidad, son más bien un instrumento teórico heurístico. (MORIN, 2003)

Morin trata lo que él considera el problema clave de la diferencia entre información y conocimiento. Se arranca la información al ruido a partir de las redundancias. Pero, antes de la vida la información no existe. La información supone la computación viviente. La computación no se reduce al tratamiento de la información. La computación viviente conlleva, para él, una dimensión no digital. La vida es una organización cognitiva indiferenciada en sí misma. El conocimiento no se conoce a sí mismo. La bacteria no sabe lo que sabe, y no sabe que sabe. Aparece entonces la diferencia entre información y conocimiento, porque el conocimiento es organizador. (MORIN, 2003)

¿Qué es lo que conoce el espíritu acerca del cuerpo? Nada. Lo que el espíritu conoce de su cuerpo, no pudo conocerlo más que mediante medios exteriores, los medios de la investigación científica. Es sorprendente que el conocimiento emerge de un iceberg de desconocimiento prodigioso en la relación con uno mismo. Lo desconocido no es solamente el mundo exterior, es, sobre todo, uno mismo. Así es que, el conocimiento supone la separación entre el conocedor y lo conocido, y supone la separación interna con uno mismo. Conocer es producir una traducción de las realidades del mundo exterior. El hombre es coproductor de la objetividad. (MORIN, 2003)

Morin repasa la idea de paradigma, de una forma algo diferente a la dada por Kuhn. Un paradigma es un tipo de relación lógica entre un cierto número de nociones o categorías maestras. Un paradigma privilegia ciertas relaciones lógicas en detrimento de otras, y es por ello que un paradigma controla la lógica del discurso. El paradigma es una manera de controlar la lógica y, a la vez, la semántica. Morin indica que se ha entrado en la verdadera época de revolución paradigmática profunda, más radical que aquella de los siglos XVI y XVII. Se está participando en una transformación secular muy difícil de ver porque no se dispone de un futuro que permita vislumbrar esta metamorfosis. ¿Tiene la ciencia conciencia de su transformación? No hay seguridad absoluta. La conciencia de sí no es una garantía de super-lucidez. En opinión de Morin, las tomas de conciencia necesitan auto-crítica, pero ésta necesita ser estimulada por la crítica.

Morin haciendo referencia a Piaget, indica que parece subestimado en sus libros, siendo que es un autor crucial. Se ubica en el cruce de caminos entre las ciencias humanas, la biología, la psicología y la epistemología. Morin encuentra fecunda la idea que aporta Piaget de sujeto epistémico. Piaget ignoraba que son necesarias fuerzas organizacionales complejas innatas para que haya muy fuertes aptitudes para conocer y aprender. Hace falta que haya mucho de innato, en el sentido no de programa innato de comportamientos, sino de estructuras innatas capaces de adquirir. Piaget se pregunta ¿de dónde viene la construcción de estructuras innatas? Esa construcción no puede ser más que el fruto de una dialógica con el medio exterior, pero el estado actual de conocimientos no permite ninguna explicación. Es por eso que Piaget se las ingenió para encontrar una clave con su teoría de la fonocopia. Finalmente, está con Piaget en cuanto al origen biológico del conocimiento. Pero indica que Piaget no accedió a la problemática compleja de la auto-organización.

Los conceptos viajan y más vale que viajen sabiendo que viajan. La ciencia estaría totalmente trabada si los conceptos no migraran clandestinamente. Mandelbrot decía que los grandes descubrimientos son el fruto de errores en la transferencia de conceptos de un campo a otro, llevados a cabo, agregaba él, por el investigador de talento. Hace falta talento para que el error se vuelva fecundo. Ello muestra también la relatividad del error y de la verdad. (MORIN, 2003: 161)

Así, por medio de las ideas de Morin, se puede concluir que dentro de todo error se encuentra una potencial verdad; y toda verdad oculta más de un potencial error.

Morin cree que la verdadera racionalidad es profundamente tolerante con los misterios. La falsa racionalidad ha tratado siempre de “primitivos”, “infantiles”, “pre-lógicos” a poblaciones donde había una complejidad de pensamiento, no solamente en la técnica, en el conocimiento de la naturaleza, sino también en los mitos. Por estas razones creo que estamos al comienzo de una gran aventura. En *El paradigma perdido*, dice que la humanidad tiene varios comienzos. La humanidad no ha nacido una sola vez, ha nacido muchas veces y él es de los que esperan un nuevo nacimiento. (MORIN, 2003)

### 7.2.10 Azar, caos e indeterminismo

En 1988 se realizó, en la Universidad de Zaragoza, un Seminario Interdisciplinar sobre *Azar, Caos e Indeterminismo*. Este ciclo fue precedido de un curso en la Universidad de verano de Teruel en 1987 sobre “Azar y Determinismo”. Este Seminario centró su interés en las recientes teorías del azar, el indeterminismo y el caos. En la presentación del libro publicado se indica que estos conceptos “han ido transformando nuestra concepción del mundo y de la ciencia, llegando a construir un paradigma que compite – si no domina – al viejo determinismo mecanicista”. “La variedad de sus orígenes y la influencia que estén teniendo en los diversos campos de la ciencia y de la cultura” fue lo que motivó a sus miembros a la realización del Seminario Interdisciplinar y así “iniciar un diálogo de mutua clarificación y profundización”. (CARRERAS, 1990)

En su introducción se añade:

“Desde el siglo pasado el azar entró en la ciencia explicando el origen – o el progreso, si se quiere – de las especies. La irreversibilidad fue introducida por la termodinámica. De la física cuántica brotó en este siglo una concepción indeterminista del mundo, hoy ampliamente extendida. Las teorías sobre la morfogénesis y el azar organizador han llegado recientemente de la termodinámica del no-equilibrio. Por otro lado, las matemáticas nos aportan modelos de un caos “determinista”.”. (CARRERAS, 1990)

A continuación se exponen algunas de las ideas aparecidas en este Seminario. En particular, el artículo de BOYA, Luis J.; Carreras, A.; Escorihuela, J. L. (1990) *Azar y Caos. Unas Premisas*, intenta esclarecer algunos conceptos básicos, concretar las bases matemáticas y elaborar un mínimo marco especulativo de carácter filosófico, referentes al azar, el caos y el indeterminismo. Remarcan que existe una fuente de imprecisión debida al hecho de que “a menudo se entremezclan afirmaciones y problemas ontológicos (relativos al orden, leyes, determinismo... de la realidad misma) con los epistemológicos (limitados a nuestro modo de conocerla) como es, por ejemplo, nuestra capacidad de predecir.” Exponen que haciendo referencia al azar, el *ontológico* sería el “azar en sí mismo” y el *epistemológico* sería “el azar para nosotros”. (BOYA, 1990)

Indican que “en física se habla de un caos original y de un caos final entrópico. La misma ciencia nos presenta una alternancia de órdenes deterministas e indeterministas a diversos niveles macro y microfísicos, de modo que aparentes órdenes sensibles son resultado de sustratos azarosos, y aparentes desórdenes resultan de la intersección de órdenes deterministas.” (BOYA, 1990)

Recuerdan que en la naturaleza hay dos tendencias: “por un lado, la tendencia a la degradación, a la absorción del orden dentro del desorden, o de las diferencias dentro de las indiferenciación (dirección entrópica que señala el 2º principio de la termodinámica); y frente a ella, la dirección del crecimiento del orden, de estabilización de órdenes generados al azar, que a su vez posibilitan nuevas combinaciones y nuevos órdenes en su camino ascendente cuyo final escapa a la imaginación.” (BOYA, 1990)

El determinismo ha quedado inutilizado al ser atacados sus dos presupuestos básicos: el conocimiento preciso de las condiciones iniciales y la existencia de leyes universales o absolutas con las que operar. Respecto a las condiciones iniciales, recuerdan que una fuente de indeterminismo es la imprecisión de toda medición. Como consecuencia, la impredecibilidad a corto plazo es inevitable aun con diferencias de valores de partida tan infinitésimas como se quiera. “A mínimas diferencias de éstos no corresponden diferencias mínimas en la trayectoria del sistema, ya que éstas se amplifican de forma exponencial”. Respecto a la existencia de leyes, dado que las leyes físicas son acotaciones ideales, y en cierto modo arbitrarias de la realidad desconocida, dudan de que se puedan llegar a conocer alguna vez reglas de valor absoluto, aunque sean probabilísticas, pues siempre serán dependientes de otras. (BOYA, 1990)

Recuerdan la sustitución del paradigma determinista por el nuevo indeterminista basado en la serie de novedades científicas aparecidas en el siglo XX. Mencionan: la termodinámica, la introducción del azar en la biología, la mecánica estadística y cuántica, la teoría de la información, las teorías de autoorganización, el papel morfogénico del azar. La teoría del *order from noise* de Von Foerster (H. Atlan, M. Serres, E. Morin), con la alternancia orden-desorden, la generación de la información a partir del ruido y el papel del azar en la complejidad. Las teorías epistemológicas y neurológicas de H. Maturana en la *cibernética de segundo orden* y la *autopoiesis*.

Mencionan los recientes e intensos estudios matemáticos relativos al Caos, recordando que se aplican a todos los ámbitos de la ciencia. Estos estudios permiten, por medio de los sistemas dinámicos, el tratamiento de los procesos irreversibles y de cambios estructurales, tan frecuentes en la naturaleza, pero ausentes de la física clásica. Recuerdan que estos sistemas dinámicos plantean la necesidad de una más precisa distinción epistemológica entre sistemas deterministas e indeterministas o estocásticos. También suscitan el problema fundamental del orden que es el de la estabilidad estructural de los sistemas. (BOYA, 1990)

Recuerdan la definición de Arnold, en *Ordinary Differential Equations*: “*Un proceso se dice determinista si todo su curso futuro y pasado están unívocamente determinados por su estado en el momento presente*”. En un *proceso aleatorio* no se aprecia una regularidad en las observaciones que permita establecer una ley determinista. La distinción entre sistemas deterministas y aleatorios no resuelve el problema determinismo-indeterminismo. Aunque se acepta la existencia de procesos indeterministas –impredecibles–, surge la cuestión de si se deben a la ignorancia en hallar las leyes que regulen determinísticamente el proceso, aparentemente aleatorio, o si, dichas leyes no existen y se puede concluir que existe un *azar ontológico*. Aunque no es posible una respuesta clara a dicha pregunta, sí cabe tomar distintas actitudes que definen dos tipos de pensamiento enfrentados: *deterministas versus indeterministas*. Si afirman la existencia de un *azar epistemológico*, surgido de las limitaciones del propio método científico, basándose, por un lado, en el indeterminismo cuántico como fuente de inexactitud en la medida, y, por otro lado, en el gran número de factores que intervienen en los sistemas complejos, imposibilitando la predicción exacta, aunque sea empleando modelos simplificados o estadísticos. Se concluye que el azar es un componente ineludible del proceso. (BOYA, 1990)

La descripción de un sistema dinámico se produce especificando los valores de un conjunto de variables, las *variables internas o de estado*. En un proceso evolutivo continuo se trata de conocer los valores de dichas variables en cada instante  $t$ . Un estado es un punto  $\mathbf{x}(t) = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ . En el caso más simple, dicha relación viene a ser un conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias

$$dx/dt = f(x, \mu)$$

(Ec. 7.2.10.1)

Por su parte  $m = (m_1, m_2, \dots, m_n)$  es el conjunto de parámetros de control. Generalmente estas magnitudes son constantes en el tiempo, referidas a ciertas características del sistema susceptibles de ser modificadas externamente en la experimentación. En relación con estas variables se hallan los conceptos de bifurcación y estabilidad estructural. Se puede considerar como una ecuación en algún espacio de funciones, pasando entonces  $f$  a ser un operador de dicho espacio. La integración del sistema dinámico, con unas condiciones iniciales dadas,  $\mathbf{x}_0 = \mathbf{x}(t_0)$ , define una única trayectoria u órbita en el espacio de fases o estados. Esta órbita representa la evolución del sistema desde cualquier instante pasado hasta cualquier tiempo futuro. Si estas líneas fásicas siguen pautas regulares, el sistema representará un comportamiento simple y predecible. Si por el contrario se retuercen sobre sí mismas en el espacio de estados formando complejas figuras, el sistema será caótico. Dentro de las posibles soluciones del sistema dinámico tiene especial interés aquellas que corresponden a un comportamiento estable del sistema. Son importantes de mencionar: los puntos de equilibrio o estacionarios, los puntos asintóticamente estables (atractores), las órbitas periódicas y los atractores extraños. Cuando el sistema de ecuaciones no es lineal, aparece la posibilidad de coexistencia de varias soluciones atractoras, cada una de las cuales con su propia cuenca de atracción y separadas por una frontera en ocasiones extremadamente compleja. (BOYA, 1990)

Sin entrar en detalles matemáticos, los cuales se pueden encontrar en el libro mencionado, los autores indican lo siguiente: en los sistemas dinámicos con varios atractores,  $p$  y  $p'$ , éstos se encuentran en “cuencas” o “valles”. Estos atractores están separados por una línea “separatriz”, que es como una “montaña” situada entre los “valles”. Si se estudian dos puntos infinitesimalmente separados,  $v$  y  $v'$ , pero situados uno a cada lado de la línea separatriz, las trayectorias que seguirá el sistema serán diferentes en cada caso. En ambos casos irán a parar a sus correspondientes atractores (en el ejemplo,  $v$  irá a parar a  $p$  y  $v'$  a  $p'$ ). Si, por la circunstancia que sea, el sistema cambia de un estado al otro, por ejemplo de  $v$  a  $v'$ , el sistema en lugar de estabilizarse en  $p$  lo hará en  $p'$ , situaciones ambas totalmente diferentes. Lo remarcable es que, dos puntos, inicialmente muy cercanos, se alejan enormemente y van a parar a situaciones totalmente diferentes una de otra. Este fenómeno se conoce como **bifurcación de comportamiento**. No debe de confundirse esta bifurcación con la que se describirá a continuación. (BOYA, 1990)

En los sistemas dinámicos interesa estudiar la estabilidad de las soluciones con respecto a las variaciones de los parámetros que rigen el sistema. Si pequeños cambios en éstos no producen un comportamiento cualitativamente diferente en el sistema, se dice que éste es estructuralmente estable. Los valores de  $m = (m_1, m_2, \dots, m_n)$ , conjunto de parámetros para los que el sistema cambia de comportamiento cualitativo, constituyen el conjunto de *puntos de bifurcación*. En los sistemas dinámicos los puntos de equilibrio dependen de los valores de  $m$ . Supóngase un sistema dinámico en el cual, el sistema es asintóticamente estable para valores de  $m < 0$ . En este caso, la solución del sistema es un atractor del sistema. Ahora bien, supóngase que para  $m > 0$ , el sistema tiene tres soluciones estacionarias: una inestable y, las otras dos, estables. En este caso el punto,  $m = 0$ , es un punto de bifurcación, pues a partir de ese punto, la solución del sistema se inestabiliza apareciendo en su lugar dos nuevas soluciones estables que coexisten. La pregunta es ¿hacia cuál de ellas evolucionará el sistema? (BOYA, 1990)

Con el soporte matemático de la teoría de bifurcaciones y centrándose preferentemente en un tipo particular de sistemas dinámicos –sistemas de tipo gradiente – el matemático francés René Thom desarrolló una interesante teoría sobre singularidades especiales – catástrofes – de determinadas familias de funciones. Su teoría, que cuenta con tantos adeptos como detractores, puede ser una herramienta útil en el estudio cualitativo de sistemas con aplicaciones a la biología, economía, sociología, etc. (BOYA, 1990)

Un sistema dinámico gradiente es aquel cuyo comportamiento tiende a la minimización de una determinada función, llamada función potencial. En este tipo de sistemas, los puntos de equilibrio corresponden a los mínimos de la función potencial. Los puntos de equilibrio reciben el nombre de puntos críticos. El carácter de estos puntos (mínimo, máximo, silla...) se obtiene del estudio del determinante hessiano  $H$  de la función potencial. Los puntos del espacio para los que el hessiano es nulo, se llaman puntos singulares. La proyección del conjunto de puntos singulares en el espacio de variables de control nos da el conjunto de bifurcación, que es el conjunto de puntos en el que se producen cambios en la forma de la función potencial (morfogénesis), o, equivalentemente, un comportamiento cualitativo diferente del sistema (inestabilidad estructural). (BOYA, 1990)



Thom demostró que el número de configuraciones cualitativamente diferentes de las singularidades del potencial que rige el sistema, depende del número de variables de control. En particular, si el número de variables de control no es superior a 4, entonces hay solamente 7 tipos distintos de configuraciones, o catástrofes en la terminología de Thom. René Thom emplea el término morfogénesis *“pour désigner tout processus créateur (ou destructeur) de formes; on ne se préoccupera ni de la nature (matérielle ou non) du substrat des formes considérées, ni de la nature des forces qui causent ces changements.”*<sup>1</sup> (THOM, 1980, pág. 10)

En los puntos de bifurcación de un sistema dinámico se producen cambios cualitativos apreciables en el comportamiento global del sistema. Una pequeña perturbación puede suponer la inestabilización del sistema y arrastrarlo hacia otro atractor – quizás más complejo – con la consiguiente modificación de su estructura espacio-temporal. Prigogine, en su teoría sobre la termodinámica de los procesos irreversibles, recoge estas ideas matemáticas de la teoría de la estabilidad y las bifurcaciones y las aplica a un amplio abanico de procesos reales en los que son válidos los principios generales de la termodinámica. El segundo principio de la termodinámica establece el crecimiento constante de la entropía – al menos para sistemas aislados – hasta alcanzar el equilibrio térmico, lo que se traduce en un crecimiento progresivo del desorden hasta el estado de mayor desorden. Desorden entendido en el sentido de homogeneización, de indiferenciación, de equiprobabilidad. Matemáticamente significa que en el espacio de fases que modela tales sistemas el origen es el único punto atractor. Cualquier trayectoria tiende inevitablemente hacia dicho estado. (BOYA, 1990)

Una fuente de generación de cambios en los parámetros de control puede ser la imaginación empleada para generar una idea y la “fuerza de voluntad” empleada para llevarla a término. Estas “fuerzas” pueden generar cambios en los parámetros de control que hacen que se pase a un nuevo atractor. ¿Dónde está la fuente de las ideas? En la imaginación y ésta se encuentra en el lado opuesto del raciocinio: en la contingencia, en el caos... (BOYA, 1990)

---

<sup>1</sup> “Para designar todo proceso creador (o destructor) de formas; no es necesario preocuparse ni de la naturaleza (material o no) del sustrato de las formas consideradas, ni de la naturaleza de las fuerzas que causan los cambios” (Traducido por el autor).

Sin embargo, en el mundo físico se encuentran abundantes ejemplos de estructuras ordenadas. ¿Cómo surge este orden? Prigogine indica que el orden que se observa en los seres vivos es debido a procesos de *autoorganización*. Llama estructuras disipativas a las estructuras ordenadas que se producen como consecuencia de los procesos de autoorganización. En el equilibrio, o cerca de él, se tiene un estado estacionario que dependerá de varios parámetros de control. A medida que el sistema se aleja del equilibrio –es decir, al variar  $m$ – el sistema se acerca “al umbral de la estabilidad de la rama termodinámica” y el sistema se encuentra en un punto de bifurcación. El estado estacionario se inestabiliza. (BOYA, 1990)

En un sistema macroscópico, con un alto número de elementos constituyentes, los valores de las variables de control que definen el comportamiento del sistema no son valores fijos, son variables. Se trata realmente de valores medios obtenidos a partir de los constituyentes elementales. Las separaciones sobre estos valores medios se llaman *fluctuaciones*. Cerca del equilibrio estas fluctuaciones son absorbidas por el sistema: puesto que el estado estacionario es el único atractor, cualquier perturbación que aleje al sistema de dicho estado es atenuada hasta devolver al sistema a su posición original. Sin embargo, lejos del equilibrio, como consecuencia de la inestabilización del estado estacionario y de las mismas fluctuaciones, el sistema explora otras soluciones estables. Estas nuevas soluciones estables corresponden a una estructuración u ordenación espacio-temporal diferente a la del equilibrio termodinámico. Son las estructuras disipativas. Más allá de la bifurcación, el sistema se inestabiliza, y aparecen varios posibles estados estacionarios, que dependen de  $m$ . El sistema evolucionará hacia una de ellas. Pero, ¿hacia cuál? ¿Cómo escoge el sistema entre una u otra solución? Debido a las fluctuaciones existe un elemento aleatorio irreductible. Las fluctuaciones son tan aleatorias como el lanzamiento de un dado. (BOYA, 1990)

En las regiones estables dominan las leyes deterministas, mientras que en las inestables, cerca de los puntos de bifurcación, el sistema escoge entre varios futuros posibles. Es esta mezcla de azar y necesidad lo que constituye la historia del sistema. (BOYA, 1990)

En cada momento hay unos parámetros de control, que muy probablemente son variables. Estos parámetros de control hacen que el sistema, el propio ser humano, esté en o cerca de una zona estable, o bien se dirija a una zona estable (entre dos posibles y alejadas entre si). Cuando se está en una zona estable, sobre la curva de comportamiento del sistema, la fuerza de los parámetros de control mantiene al individuo sobre ella. Pequeños cambios en los parámetros de control, provocarán pequeños cambios del sistema (en la misma rama de la curva). Si se intenta hacer un cambio importante, una innovación, se deben cambiar los parámetros de control de una forma muy importante. Si se cambian de cualquier manera, seguro que se pasa a una nueva situación y la valoración de la nueva posición es independiente del sentimiento humano. La naturaleza responderá desplazándose a una nueva rama de la curva. El problema aparente es que el ser humano considera unas partes de la curva mejores que otras, dependiendo de sus expectativas. El conseguir estas expectativas es lo que provoca la necesidad de modelos de predicción del futuro. Realmente, muy difícil de conseguir, sobre todo, en zonas muy alejadas del equilibrio, donde las leyes del comportamiento no se conocen. Un mecanismo que se dispone para provocar potenciales cambios es el empleo de la imaginación combinada con el azar, a fin de situarse en una zona caótica, fuente de nuevas ideas. Una vez obtenidas estas nuevas ideas, un largo y duro trabajo, debe llevar a la rama de la curva que interesa por medio de un trabajo y control racional. Unos mismos parámetros de control sitúan al individuo en todas las ramas de comportamiento colocadas sobre la vertical. La rama de la curva es el objetivo. Los parámetros de control asociados son el medio de alcanzarlo. El camino ha seguir (la trayectoria desde donde estamos hasta el objetivo) debe ser un trabajo totalmente racional, ya que si se desvía puede ir, por medio del azar debido a la complejidad, a una situación totalmente contraria a la esperada. El azar debe servir para ver a donde ir, pero el camino es racional y paso a paso.

El caos, la turbulencia, han sido siempre temas tabú en la física y, en general, en cualquier rama del saber donde aparecieran. Se pensaba que el caos se manifestaba exclusivamente en sistemas muy complejos con un alto número de grados de libertad. Hoy, recientes investigaciones matemáticas en sistemas macroscópicos muy simples, totalmente deterministas, han revelado que el caos es también posible con muy pocos grados de libertad. (BOYA, 1990)

Tampoco es un caos total, pues ello sería equivalente al desorden total del equilibrio térmico. Un fluido turbulento, aunque con un comportamiento aparentemente errático, sí que tiene preferencia por ciertas trayectorias restringidas a un determinado subconjunto del espacio de fases, lo que impone una acotación geométrica del azar. Existe así cierto orden en el caos. ¿Cómo se inicia la turbulencia? (BOYA, 1990)

Existen sistemas dinámicos con un parámetro de control único en los que a medida que va aumentando el valor de este parámetro, el valor que final adopta el sistema va alternando en diferentes ciclos. Así, al pasar el primer punto de bifurcación, el sistema alterna entre un valor  $x_0$  y un valor  $x_1$ , lo que se denomina que ha alcanzado un ciclo de período 2. Al pasar el segundo punto de bifurcación se alcanza un ciclo límite de período 4. Posteriormente el ciclo límite es de período 16. Finalmente, a partir de un cierto valor del parámetro de control se alcanza una situación totalmente caótica. Dentro de la zona caótica se observa que hay ventanas de periodicidad, con períodos 3 o 7, que comienzan a duplicarse tras nuevas bifurcaciones, llegando posteriormente otra vez al caos. Estas ventanas de periodicidad responden en cierta medida al “orden” que se busca en el caos. (BOYA, 1990)

Un atractor es un subconjunto del espacio de fases que “atrapa” las trayectorias próximas. Representa el comportamiento del sistema a largo plazo. La existencia de un atractor sólo es posible en sistemas disipativos, aquellos en los que se produce una contracción de volumen en el espacio de fases. En sistemas mecánicos, esta contracción de volumen equivale a una pérdida de energía que se disipa por fricción. Hay atractores extraños que son sensibles a las condiciones iniciales (SIC = Sensitivity to Initial Conditions). Debido a la presencia de SIC, dos trayectorias inicialmente próximas dentro del atractor se separan eventualmente una de la otra. Consecuencia de ello es la impredecibilidad de la evolución del sistema, pues al no poder asegurar una precisión total en la medida de las condiciones iniciales, el mínimo error inicial se amplifica exponencialmente en el tiempo. (BOYA, 1990)

Resumiendo, el caos de la turbulencia se caracteriza preferentemente por su impredecibilidad y, en menor medida, por su fractabilidad. (BOYA, 1990)

Se señala la distinción entre los modelos deterministas e indeterministas considerando como tales los estocásticos. Este concepto de indeterminismo, como impredecibilidad, debe distinguirse finalmente del indeterminismo considerado como ausencia de causalidad. Hablar de causas aleatorias no equivale a postular una ausencia de causas concretas para todos los fenómenos. (BOYA, 1990)

Según estos autores, no existe el desorden absoluto ni, tampoco, el orden absoluto; el caos engendra orden, dado que el sistema evoluciona hacia un estado estable, entra en una alternancia periódica de varios estados y un conjunto de situaciones del sistema se hace más probable que otro; todo orden tiene un tiempo, la estabilidad no es total; hay una continua generación de orden a partir del caos y viceversa, hay una jerarquía de órdenes. (BOYA, 1990)

Se puede aceptar la existencia de un reduccionismo no simplificador. Significa que se puede reconocer en los órdenes inferiores la posibilidad de generar órdenes más complejos, pero no reducir la complejidad de los órdenes superiores a otros más simples. El reduccionismo no es más que la cruz de una moneda cuya cara es la *emergencia* de nuevos órdenes de complejidad. En biología, algunos conceptos emergentes pueden ser la sensibilidad, la autoreproducción de las moléculas, la regeneración de las células, la reproducción sexual, etc. En sociología, las opiniones, la cultura, las tendencias estéticas, la política, etc. Así pues, puede considerarse que esta emergencia, en lo referente al ser humano puede ser la creatividad. (BOYA, 1990)

Esta teoría, que da cabida al azar, no es incompatible con una visión causalista, según la cual todo suceso tiene sus causas en el estado precedente del sistema y de su entorno. Así pues, el indeterminismo no equivale a libertad. (BOYA, 1990)

María Antonia Navascués, en el segundo artículo titulado *Una aproximación al caos*, se pregunta ¿existe un azar intrínseco en la naturaleza?, ¿puede distinguirse, como lo hace Monod, entre una “incertidumbre operacional”, y una “incertidumbre esencial”, ausente de causalidad? Alejándose deliberadamente de la respuesta a esta cuestión realiza una aproximación a la *impredecibilidad*. (NAVASCUES, 1990)

La única fuente de impredecibilidad no es la dificultad de obtener todos los datos. Existen modelos matemáticos muy simples que exhiben un comportamiento caótico. La teoría del caos pretende explorar el lado irregular de la naturaleza, lo discontinuo, lo errático, lo turbulento, es decir, todos los tópicos que hasta ahora se ocultaban, se rechazaban, ignorándolos como si no existieran. (NAVASCUES, 1990)

Alberto Carreras Gargallo, en su artículo *Azar, determinismo y razón débil*, plantea ¿se ha de calificar como irracional un mundo indeterminista? Lo que debe discutirse no es la presencia de causas sino la naturaleza del proceso causal: si todo proceso causal obedece o no a leyes preexistentes dentro de un orden eterno. Expone que las teorías del “azar organizador”, del “orden a partir del ruido” y de la “autoorganización”, defendidas Von Foerster, Prigogine, Morin y Altan entre otros, no niegan que todo proceso tenga sus causas. Se limitan a afirmar que esas causas no obedecen a leyes predeterminadas y que se puede pasar del desorden o de la ausencia de leyes al orden y la predictibilidad. Menciona que el proceso de investigación o de producción de teorías, el *methodus inveniendi*, no se corresponde con la lógica deductiva. (CARRERAS, 1990)

El mismo Feyerabend aconseja proceder contrainductivamente. Recomienda desarrollar hipótesis inconsistentes con las teorías aceptadas y con los hechos bien establecidos. (FEYERABEND, 1981). Su crítica al método científico le lleva a decir que “la ciencia buena es un arte, no una ciencia” (FEYERABEND, 1984)

La inteligencia humana, calificada como “aparato racionomorfo”, juega con probabilidades, nos dice Reidl y los “epistemólogos evolutivos” seguidores de K. Lorenz. Además, dicen los psicólogos cognitivos, su forma de computar probabilidades no coincide con la matemática bayesiana, sino que presenta sesgos respecto a ella, trabajando mediante heurísticos menos lógicos pero más eficientes. Lo analógico, las imágenes suscitadas, las metáforas, desempeñan un importante papel. También los sociólogos de la ciencia muestran que científicos y filósofos, en su trabajo creativo, se guían menos por una lógica estricta cuanto por intuiciones, comparaciones, etc. Incluso que sus teorías son inmunes a la falsación. Se habla del cerebro como de una red que trabaja con el azar cuando fracasan sus programas preelaborados. En fin, la inteligencia no se reconoce en el modelo logicista y racionalista de la mente. Se ha roto la equivalencia entre inteligencia, razón y lógica. (CARRERAS, 1990)

Aumenta cada día el número de corrientes de pensamiento, filósofos, científicos y críticos de todo tipo, que equiparan la ciencia a cualquier otra forma de pensamiento antiguo o actual y le niegan no sólo su capacidad de alcanzar “la Verdad”. Para ellos la ciencia puede ser apreciada como instrumento al servicio de la técnica, pero no como la clave para alcanzar los secretos íntimos del mundo. El declive del racionalismo no ha sido la obra de enemigos exteriores de la ciencia, pues los científicos han sido pioneros en este trabajo. (CARRERAS, 1990)

Si la física ha vuelto indeterminista la imagen del Universo, las ciencias experimentales de la mente han hecho lo propio con respecto a la mente humana y sus “estilos de pensamiento”. Primeramente atacó el mito de la “objetividad” de la ciencia, al demostrar que ni la percepción misma es objetiva. El mismo pensamiento humano ha pasado la criba de la selección natural (K. Lorenz). Pero este producto biológico no puede pretender otro título que la eficacia adaptativa y sus métodos de trabajo están lejos de los ideales de la lógica. A su vez, el mecanismo del azar y la selección sirve de modelo para explicar la evolución natural. Los psicólogos cognitivos han dejado de ver la mente humana como un ordenador, y son, por el contrario, los lógicos y los expertos en programas quienes deben acercarse a los psicólogos para aprender los mecanismos de la mente. Los términos y conceptos constituyen matrices de interconexiones, que se solapan, entrecruzan y fecundan, muy alejados del ideal cartesiano de claridad y precisión. (CARRERAS, 1990)

Lyotard, propagandista de la postmodernidad, ha señalado el nuevo giro de la ciencia y de su filosofía: “La idea que se saca de esas investigaciones es que la preminencia de la función continua derivada como paradigma del conocimiento y de la previsión está camino de desaparecer. Interesándose por los indecibles, los límites de la precisión del control, los cuanta, los conflictos de información no completa, los fracta, las catástrofes, las paradojas pragmáticas, la ciencia postmoderna hace la teoría de su propia evolución como discontinua, catastrófica, no rectificable, paradójica. Cambia el sentido de la palabra saber, y dice cómo puede tener lugar ese cambio. Produce, no lo conocido, sino lo desconocido. Y sugiere un modelo de legitimación que en absoluto es el de la mejor actuación, sino el de la diferencia comprendida como paralogía”. (LYOTARD, 1994)

Lyotard, en *La condición postmoderna*, reproduce un párrafo de P. Brenton: “Es preciso distinguir las condiciones de la producción del saber científico del saber que es producido (...) Hay dos etapas constitutivas de la gestión científica, haber desconocido lo conocido, después reorganizar este desconocimiento en un metasistema simbólico independiente (...). La especificidad de la ciencia depende de su imprevisibilidad”. Lyotard expone: “La expansión de la ciencia no se hace por medio del positivismo de la eficiencia. Es lo contrario: trabajar con la prueba es buscar e “inventar” el contraejemplo, es decir, lo ininteligible; trabajar con la argumentación, es buscar la “paradoja” y legitimarla con nuevas reglas del juego del razonamiento.” (LYOTARD, 1994)

F. Jacob, en su libro *La estatua interior*, en la página 13 indica:

“(...) Mucho, mucho he tardado en descubrir la verdadera naturaleza de la ciencia, de su modo de proceder, de los hombres que la producen. He comprendido, al contrario de lo que había podido creer, que la andadura de la ciencia no consiste en una serie de conquistas ineluctables; la ciencia no recorre el camino real de la razón humana; no es el resultado necesario, el producto inevitable de observaciones inapelables, impuestas por la experimentación y el razonamiento. He encontrado en este campo un mundo de juego e imaginación, de manías e ideas fijas. Para mi sorpresa, quienes conseguían lo inesperado e inventaban lo posible no eran simplemente hombres de saber y método. Eran sobre todo espíritus insólitos, aficionados a la dificultad, seres dotados de una visión descabellada. En quienes se situaban en primera fila se desarrollaban a veces curiosas combinaciones de indiferencia y de pasión, de rigor y de extravagancia, de voluntad de poder y de ingenuidad. Triunfaba la singularidad. Para Jacob, el laboratorio era “un universo hecho de imaginación sin límite y de crítica sin fin, donde el juego consistía en inventar continuamente un mundo posible, o un pedazo de mundo posible, para cotejarlo con el mundo real. (...) Las preguntas y la manera de formularlas importaba más que las respuestas, pues en el mejor de los casos la respuesta obligaba a plantear nuevas preguntas. Un sistema de estimular la expectación. (...) Había hecho de mi ansiedad mi profesión.” (JACOB, 1987)

En resumen, se constata una tendencia unitaria en las ciencias naturales ( y a fortiori en las sociales), en las ciencias de la mente y la filosofía de la ciencia, que lleva a transformar la perspectiva del Universo, la vida social y la razón misma, alejándose del paradigma determinista y racionalista, hoy en retroceso. Tendencia que lleva hacia el escepticismo, el relativismo y el indeterminismo, tan ambiguos como lo sea el dogmatismo que combaten, cuya fuerza está en proporción a los precedentes excesos de éste. (CARRERAS, 1990)



No es fácil valorar su importancia. Aunque esta ideología no sea ahora dominante en el mundo de la ciencia, tampoco se la puede reducir a una moda pasajera. La historia muestra que ambas concepciones llevan más de 25 siglos enfrentadas y no parece que vaya a dictaminar el triunfo definitivo de una de ellas. De cualquier forma, si el azar y el indeterminismo aparecen hoy como categorías indispensables para explicar el orden físico y el orden social e histórico, también parecen necesarios para explicar la evolución del pensamiento y la inteligencia misma. Se ha roto la equivalencia entre ésta y la razón lógica, deductiva, portadora de verdades rígidamente derivables unas de otras. (CARRERAS, 1990)

### 7.2.11 Lógica de lo peor

El ser humano es temporal, tiene una vida de cierta duración. La naturaleza en cambio parece, sino de duración infinita, al menos de un orden de magnitud infinitamente mayor que la de aquel. Esta duración limitada del ser humano hace que sus observaciones parezcan determinadas. Hoy se ve el sol, ayer también se le vio, durante millones de años se le ha visto; conclusión: se le verá siempre. Este punto de vista del ser humano, de vida corta y finita, busca un sentido a la eternidad, y extrapola sus observaciones a un determinismo de la naturaleza. La pregunta es: todo y la aparente determinación observada, ¿es realmente determinista la naturaleza?. Hay pensadores que indican que la naturaleza es debida al azar; no depende del hombre aunque puede influir en ella. Cuando un artefacto se deja en manos de la naturaleza, ésta lo transforma, lo degrada o destruye. El ser humano aprende de sus errores; la naturaleza no aprende de errores, no busca estar en un estado mejor, no tiene finalidad, se va transformando sin rumbo final; sus cambios no tienen sentido, cualquier estado le es válido, todo parece suceder en un continuo sinsentido. Esta visión de la naturaleza, que suele denominarse “*trágica*”, es seguida por algunos pensadores. Entre ellos se encuentra Clément Rosset. Su visión “trágica” se apoya en gran medida en el azar que se presupone en la naturaleza. Ante esta realidad el hombre solo puede aceptarla; sus acciones sobre la naturaleza son inútiles dado que esta es todo azar. El mismo Morin hace referencia a esta “*tragedia*”. Para él, “ese mismo sufrimiento trágico, va parejo con la búsqueda de un meta-nivel en el cual podamos “superar” la contradicción sin negarla. Pero ese meta-nivel no es el de la síntesis lograda; ese meta-nivel incluye, también, su brecha, sus incertidumbres y sus problemas.” (MORIN, 2003) (ROSSET, 1976)

Clément Rosset, filósofo francés nacido en 1939, defiende una visión trágica de la existencia según la cual la sabiduría consiste en la aprobación de lo real, comprendiendo todo lo que en ella hay de cruel. La filosofía trágica de Rosset tiene un muy alto contenido del azar. Es por este motivo que se reproducirán algunas de sus ideas, recogidas de su libro titulado *La lógica de lo peor. Elementos para una Filosofía Trágica*. Para él, el determinismo es de alguna forma un caso particular del azar.

En su filosofía se aprecia un cierto sentimiento de alegría a pesar de su concepción trágica de la existencia<sup>1</sup>. Según las propias palabras de Rosset: "Je crois parce que c'est absurde". Rosset indica que por muy paradójico que pueda parecer, la concepción trágica de la vida puede alimentar tanto el pesimismo como incitar la alegría de la vida. Según Rosset: "(...) es del todo cierto que filosofar es aprender a vivir. La filosofía es el saber-vivir en el sentido completo del término".<sup>2</sup> Según Rosset:

"La historia de la filosofía occidental se abre con un acta de duelo: la desaparición de las nociones de azar, desorden y caos. Prueba de ello son las palabras de Anaxágoras: *"Al principio era el caos, luego vino la inteligencia y lo ordenó todo"*. Una de las primeras palabras importantes que resonaron en la conciencia del hombre occidental fue, por tanto, para decir que el azar *ya no era*: palabra inaugural, que evacua del campo filosófico la idea de azar original, constitucional, generador de existencia." (ROSSET, 1976)

Rosset indica que mucho antes del mundo, todo era azar. Posteriormente, el azar dejó de existir, dando lugar a una nueva existencia: el orden perfecto. Todo pasó a ser determinismo. La búsqueda primera de la filosofía fue revelar este orden. Esta búsqueda de orden se extendió a todas las ciencias. En palabras de Rosset:

"Ordenar el desorden aparente, hacer aparecer relaciones constantes y dotadas de inteligibilidad, asegurando así a la humanidad y a sí misma el otorgamiento de un mayor bienestar con respecto a la desdicha atribuida al vagabundeo de lo ininteligible", intentando alcanzar "la esperanza secreta de que a fuerza de inteligencia, penetración y astucia, es posible disolver la desdicha y obtener la felicidad". (ROSSET, 1976)

---

<sup>1</sup> Je suis le mot de Tertullien: " Credo quia absurdum ", " Je crois parce que c'est absurde ". Aussi paradoxal que cela puisse paraître, la conception tragique de la vie peut nourrir le pessimisme mais peut aussi attiser la joie de vivre, en ce que celle-ci peut entendre les raisons de condamner la vie, de maudire toutes les tristesses et les misères qui lui sont attachées, et cependant résister à toutes les raisons qui lui sont contraires. C'est une expérience ultime de la joie. (Ver entrevista en <http://www.lire.fr>)

<sup>2</sup> La philosophie est donc l'amour de la vie quand même, de sorte que je dis ce qu'ont dit tous les bons philosophes: pour les mêmes raisons que Montaigne intitule un chapitre " que philosopher c'est apprendre à mourir ", il est tout aussi vrai que philosopher c'est apprendre à vivre. La philosophie, c'est le savoir-vivre dans tous les sens du terme. (Ver entrevista en <http://www.lire.fr>)

Para Rosset, parece que existe una naturaleza ontológica, dado que se admite la existencia del orden, y teleológica, al pensar que este orden es capaz de conducir a un mayor bienestar. “En estas perspectivas, el ejercicio de la filosofía encubre una tarea seria y sosegante: un acto a la vez constructor y salvador”. (ROSSET, 1976)

Rosset indica que “en oposición y al margen de esta filosofía, aparecieron, de tarde en tarde, pensadores que se asignaron una tarea exactamente inversa”. Según él, los denominados *pensadores trágicos*, “cuyo objetivo radicaba en disolver el orden aparente para recobrar el caos enterrado por Anaxágoras y, por otra parte, en disipar la idea de toda felicidad virtual para afirmar la desdicha e incluso, en la medida del genio filosófico de que disponían, la peor de las desdichas. Terrorismo filosófico que asimila el ejercicio del pensamiento a una lógica de lo peor: partimos del orden aparente y de la felicidad virtual para concluir, al pasar por el necesario corolario de la imposibilidad de cualquier felicidad, en el desorden, el azar, el silencio y, en última instancia, en la negación de todo pensamiento.” En esta línea de pensamiento se encuentran los sofistas, Lucrecio, Montaigne, Pascal, Hume o Nietzsche. En su interés estaba el pensar y afirmar lo peor. Lo que debe ser buscado y dicho es lo trágico. (ROSSET, 1976)

Si existe un *lógica de lo peor*, es decir, una necesidad de la filosofía trágica, no debe buscarse ni en la angustia a incertidumbres morales o religiosas (Kierkegaard), ni en el desasosiego ante la muerte (Chestov o Max Sheler), ni en la experiencia de la soledad y de la agonía espiritual (Unamuno). (ROSSET, 1976)

Aunque la gran mayoría de filósofos se han hecho lógicos del orden, de la sabiduría, de la razón, de la contradicción, de la síntesis o del progreso, algunos otros fueron lógicos de lo peor, cuya tarea consiste en sistematizar lo trágico, en buscar su lógica. Esta “*filosofía trágica*” se ha dejado de lado por la filosofía de la razón. La “filosofía trágica” trata de *saber si el ejercicio del pensamiento puede ser habilitado para descalificarse a sí mismo*. En palabras de Pascal: “nada más conforme a la razón que esta desaprobación de la razón”. La filosofía trágica no trata de buscar los vínculos lógicamente necesarios que permiten, una vez planteado un “mal” cualquiera, conducir de mal en peor.

Rosset no se plantea un encadenamiento de acontecimientos. No busca encontrar un sentido negativo de la vida. La *“lógica de lo peor”* no significa otra cosa que: la *filosofía trágica considerada como posible*. La palabra trágica tiene un sentido parecido a “inalterable” o “incondicional”, pero no como encadenamiento de sucesos deterministas sino totalmente azarosos. Si la interpretación dada de Rosset es correcta, es esta abundancia de azar la que convierte a la vida en inalterable o incondicional. Rosset se propone en su libro, por un lado, precisar su naturaleza y, por otro lado, su deseo de hacer pasar lo trágico de la inconsciencia a la consciencia, o, dicho de otra manera, del silencio a la palabra. (ROSSET, 1976)

Para el pensador trágico, “lo que existe” – que no es ni naturaleza, ni ser, ni objeto de pensamiento – nunca da lugar a acontecimientos: “se dan” encuentros. El acontecimiento es la trascendencia misma. Afirmación del azar, el pensamiento trágico, no sólo no tiene relación alguna con la filosofía del absurdo, sino que incluso es incapaz de reconocer el menor sinsentido: pues el azar es *aquello a lo que nada puede contravenir*. El pensamiento trágico es incapaz de hacer una constatación. No busca una sabiduría al abrigo de la ilusión, ni una felicidad al abrigo del optimismo. Busca locura controlada y júbilo. Así, Pascal: “Estamos tan necesariamente locos que el no estar loco sería estar loco con otra clase de locura”; por otro lado: “Alegría, alegría, llanto de alegría”. (ROSSET, 1976)

Rosset indica que, o bien se considera que el hombre *no sabe* que habla de nada; de ahí la posibilidad de toda filosofía no trágica, o bien se considera que el hombre *sabe* que habla de nada. El pensamiento trágico atribuye al hombre la posesión de un saber silencioso que conduce a la nada de su habla. Se caracteriza por *la imposibilidad de creer que pueda existir en él la creencia*. Toda creencia es incapaz de precisar *aquello en lo que cree*; por tanto, es una creencia *en nada*; creer en nada equivale a no creer nada. Por tanto, el hombre puede creer en todo lo que quiera, pero nunca podrá evitar el saber silenciosamente que eso en lo que cree es: *nada*. La intuición fundamental del pensamiento trágico es: la incapacidad de los hombres para constituir una ideología, y no para desembarazarse de su ideología. (ROSSET, 1976)

Para Rosset, resultan tres consecuencias esenciales para el pensamiento trágico:

- Para el pensador trágico, nadie cree en sus temas de creencia. El pensamiento no trágico representa al hombre feliz en el seno del confort de su ideología (feliz, ya que creyente), mientras que el pensador trágico es en principio sensible a la fragilidad, o mejor, a la inexistencia de esa felicidad en palabras.
- Se establece la imposibilidad de constituir cualquier lucha anti-ideológica. Ésta tendría como resultado el hacer aparecer un “no sé”, ya conocido como tal en el seno de la ideología. Esta es la diferencia entre el pensamiento trágico (no creencia) y el pensamiento no trágico (fanatismo).
- Aparece la imposibilidad de todo pensamiento no trágico para constituirse en filosofía. Para el pensador trágico, las ideas de los no trágicos definen un modo de creencia. Son construcciones a base de nada: sus elementos básicos son indefinibles. Lo no trágico es lo que se dice sin lograr pensarse, y lo trágico lo que se piensa sin aceptar decirse.

Rosset indica que la diferencia entre ambos es que los trágicos “*saben un poco más*”, lo que les permite conocer, además de la vanidad de la ideología, la vanidad de cualquier anti-ideología. El pensamiento trágico no es anti-ideológico, sino no ideológico. Rosset indica lo trágico de la “*condición humana*”: el hombre necesita la ideología (lo no trágico), ahora bien, como no tiene ideología a su disposición habla de nada en las que no puede creer. Contradicción insoluble: el hombre tiene necesidad de *algo* que es *nada*. La visión no trágica de la *nada* es de carencia. Si lo que se busca no está en un lugar, “deberá estar en otro lugar”. No falta un objeto sino una inexistencia. Sólo hay “lo que existe”. Rosset confirma la propuesta de lo trágico: la alianza de lo necesario y lo imposible. La imposibilidad de la necesidad: la necesidad humana no tropieza con la inaccesibilidad de los objetos del deseo, sino con la inexistencia del sujeto del deseo. (ROSSET, 1976)

Entre la necesidad de nada y la necesidad de algo se sitúa la desviación que separa pensamientos trágicos y pensamientos ideológicos. La perspectiva trágica no consiste en hacer brillar en el horizonte un algo inaccesible, objeto de una “carencia” y de una “búsqueda” eterna cuya historia se confunde con la historia de la “espiritualidad” humana.

Produce la aparición de una perspectiva inversa. Afirma que el hombre no “carece” de nada. Lo trágico, antropológicamente, no radica en una “carencia de ser”, sino en un “pleno ser”: el más duro de los pensamientos no es de creerse en la pobreza, sino el de saber que no se carece de “nada”. (ROSSET, 1976)

Según Rosset, Hume dice que toda creencia no se define por un contenido, sino por un modo de apego. Según Hume, el hombre es capaz de defender sus creencias, de decir *por qué* cree, no puede precisar *eso en lo que cree*. La crítica de la causalidad no consiste en dudar de la causa, sino en mostrar que ningún hombre ha logrado decir lo que ponía bajo la palabra “*causa*”. La cuestión es: ¿se piensa en algo cuando se habla finalidad? Según Rosset la respuesta es negativa. ¿Alguien puede representarse cualquier fin, cualquier felicidad? Se confirma que el hombre no tiene *nada* que desear. (ROSSET, 1976)

Razón por la que el saber trágico puede considerarse “universal”. Universal porque es único, al ser todo “saber” no trágico *nada*. Razón por la que el saber trágico, cuando se constituye en filosofía, *nunca ha sido refutado*. (ROSSET, 1976)

El pensamiento trágico recusa el acontecimiento y toda posibilidad de acto. Recusa toda posibilidad de actuar, sobre uno mismo, sobre la historia, sobre el mundo. Asimila el acto a una aportación azarosa, inepto para aportar la menor modificación al azar de “lo que existe”. El acto, para el pensamiento trágico no es lo “viviente”, el “libre albedrío”, que trasciende el orden mecánico o biológico de la naturaleza; es un añadido natural a una misma naturaleza: *el azar añadido al azar*. El hombre, al actuar, modifica “lo que existe”: pero esta “modificación”, al ser azarosa, no modifica la naturaleza. Cambia ligeramente algo cuya verdad radica en cambiar. No es un acontecimiento, en el sentido en que no interviene.

“Lo que existe” no constituye una “naturaleza”, sino un azar; el término “naturaleza” sólo tiene sentido en tanto que define un azar. Ningún acontecimiento “sobreviene”, en la medida que todo *ya* está formado por acontecimientos. Toda intervención añade un acontecimiento a una suma de acontecimientos. Un acontecimiento es algo que “sucede” a lo que “es”: que *resalta* sobre el ser. Pero, ¿qué ocurre si el ser ya está *constituido de acontecimientos*?

No “ocurre” *nada*. Si todo es acontecimiento, nada es acontecimiento. De la misma manera que un grano de arena no modifica en nada la naturaleza arenosa del montón de arena. *Azar* y *modificación* son opuestos. El azar es lo *no modificable*. Si el ser no es naturaleza, sino azar, escapa a toda *alteración de naturaleza* – de ahí la inanidad de toda acción sobre la “naturaleza”. Creer que un acontecimiento de más modificará la suma de los acontecimientos viene a ser lo mismo que esperar que una nueva molécula de agua modificará el agua. Cuando el pensamiento trágico asimila el ser a algo “dado”, tiene en perspectiva una noción de reunión azarosa en la que ningún reajuste puede modificar la naturaleza en lo que precisamente tiene de azarosa. *El azar no es modificable*. (ROSSET, 1976)

Existe un acontecimiento capaz de afectar un mínimo la vida de los hombres. Conciérne al modo según el cual una persona se representa sus pensamientos y sus acciones, en cada instante de una existencia a la que ningún acto ni ninguna representación le pertenecen propiamente: la *aprobación*. ¿En qué sentido la aprobación pertenece a la “*disponibilidad*” humana? Lo que constituye la visión trágica no es la afirmación del carácter inaccesible de la solución, sino la afirmación del carácter absurdo de la noción de solución. Si el hombre necesita una solución, se debe a que carece de algo. Ahora bien, decir que carece de *algo* es negar lo trágico, ya definido como la perspectiva según la cual el hombre no carece de nada. La lógica de lo peor vincula el pensamiento trágico y el pensamiento aprobador. Para ella, trágico y afirmación son sinónimos. Por tres razones teóricas:

- En primer lugar, la filosofía trágica considera la aprobación como el único acto cuya disponibilidad es dejada al ser humano, como la única forma de “acto”. No es que sea “libre” de decir sí o no: las motivaciones psicológicas que le llevan a afirmar o a negar no incumben a un imaginario “libre arbitrio”. El hombre está embarcado como el pasajero de un avión, sin acceso a los mandos de dirección. Todo lo que puede “hacer” es solidarizarse o no con su viaje, aceptar estar en él (aprobación) o rechazarlo. Aprobar o desaprobar: cualquier solución intermedia es ilusoria. Elegir entre el sí o el no es el único acto disponible. La “dignidad” radica en aprobar globalmente o en negar globalmente, en vivir queriéndolo o en morir queriéndolo.



- En segundo lugar, la filosofía trágica considera que la aprobación depende de su carácter incomprensible e injustificable. Si no existe “nada” a lo que nunca creencia alguna haya sido capaz de adherirse, si no existe ninguna forma de felicidad que el hombre haya sido capaz de describir, de todo ello se deduce que cualquier “alegría de vivir” es irracional y abusiva. Sin embargo, es alegría, existe y se experimenta cotidianamente sin recurrir a ninguna forma de justificación. Aquí no falta júbilo, al contrario, siempre hay *de más*. Nadie puede dar cuenta de él; de ahí su carácter inagotable. De ahí el asombro del filósofo trágico: su primera admiración está en que haya alegría. Inagotable, pues *nada* puede agotar una fuente que *nada* alimenta.

- En tercer lugar se precisan los elementos de una *apuesta trágica*. El “valor” del pensador trágico es *el carácter ininterpretable, luego invulnerable, de la aprobación*. El filósofo trágico es un pensador sumergido en la alegría de vivir y que, a pesar de reconocer el carácter impensable de ese júbilo, desea pensar al máximo su impensable prodigalidad. Lo que define el máximo de alegría *pensable* es el máximo de trágico pensable. Pensar lo peor, para rendir honor filosófico a su aprobación: eso es lo puesto en juego por el pensamiento trágico. El punto dudoso, el verdadero objeto de la apuesta, está en la cuestión de saber si lo peor que piensa, en el momento de la aprobación, está a la altura de sus capacidades intelectuales. Sabe que el “peor” de los pensamientos que habrá logrado extraer presenta un carácter doblemente *relativo*. Relativo, por una parte, al punto azaroso al que ha llegado, ya que en otro tiempo, un pensador posterior podrá reemplazarla por una nueva teoría de lo peor, más rica y penetrante. Relativo, por otra parte, al objetivo que se propone, que consiste en tomar una medida aproximada de su aprobación presente. (ROSSET, 1976)

El pensador trágico acaba en no pensar nada. Piensa algo que es nada, algo que puede ser descrito con el nombre de “azar”. Al final de la lógica de lo peor el pensador trágico se enriquece con un nuevo saber: es el lugar de una aprobación no está sometida a la afirmación previa de pensamiento alguno, de verdad alguna. (ROSSET, 1976)

El azar designa o la intersección imprevisible de varias series causales independientes, o la ausencia de necesidad, “contingencia”. Estos dos sentidos son ajenos a lo que una perspectiva propiamente trágica concibe bajo el término “azar”. El azar, en el sentido trágico, es anterior a todo acontecimiento y a toda necesidad. Si ya existe “algo” a partir de lo cual se produce el azar, ya no puede hablarse de azar en el sentido trágico del término. El azar “silencioso” significa la ausencia original de referenciales y no puede definirse a partir de referenciales como series de acontecimientos o la idea de necesidad. Viejo problema de saber si el desorden puede concebirse a partir del orden o si se puede hablar de desorden y de azar originales –tesis trágica cuya primera consecuencia consiste en convertir todos los órdenes existentes y concebibles en frutos del azar. El caos al que el pensamiento trágico llama azar, no es un mundo desordenado, sino una  $x$  anterior a toda idea de orden o de desorden. Azar anterior a la necesidad. A partir de él ha surgido todo lo que puede aparecer al pensamiento bajo los auspicios de lo necesario, y de donde surgirá, en un tercer término, todo lo que resaltarán en esos órdenes necesarios – azar posterior a la necesidad. Tres niveles, pues: un azar original, concepto silencioso y trágico; luego, un cierto número de órdenes constituidos; por último, un cierto número de alteraciones a esos órdenes, alteraciones que la filosofía clásica registrará como “azares”. Si existe un azar trágico, éste no depende de la idea que ha hecho posible la idea de contingencia: en vez de depender de ella, la precede y la engendra. Se distinguen cuatro niveles de la idea de azar. (ROSSET, 1976)

a) Noción de *suerte*. En latín *fors*. Aquí “azar” atribuye a una  $x$  –fortuna– la responsabilidad de una serie causal, favorable o adversa para el ser humano. El azar designa eso gracias a lo cual se obtiene, o no, un resultado favorable o adverso. Supone la existencia de series causales y el carácter favorable o adverso de esas series desde un punto de vista subjetivo. Azar antropológico y azar teológico. De origen desconocido e incontrolable. De ahí la deificación de la suerte en Fortuna o en necesidad; de ahí también esa indecisión entre lo que es azar y lo que es su exacto contrario: el *destino*. Esta noción de “azar” vacila entre dos polos: lo absolutamente no necesario (azar) y lo absolutamente necesario (destino). Para sostener la noción de “suerte” (primer nivel de azar) dos referenciales: la idea de encadenamiento de acontecimientos y la idea de finalidad. (ROSSET, 1976)

- b) Noción de **encuentro** – en latín **casus** y todos sus derivados europeos: **chance**, **Zufall**, **caso**, **casualidad**. Aquí, “azar” designa el punto de intersección entre dos o varias series causales; lo fortuito se ha desplazado del conjunto de un encadenamiento al carácter imprevisible del encuentro, en ciertos puntos, de ciertos encadenamientos. Azar que, en el ejemplo clásico de la teja, no conduce a las propias series (teja que cae, hombre que anda), sino al hecho de que en un cierto punto del tiempo y del espacio las dos series se han encontrado. Llegada fortuita. Ninguna inteligencia humana puede prever con detalle todos los encuentros posibles entre todas las series existentes. Para sostener la noción de “encuentro” (segundo nivel del azar) un referencial: la idea de series causales.
- c) Noción de **contingencia**, derivada de la idea de simultaneidad, pero orientada hacia una concepción abstracta de la **no-necesidad**. El azar de la contingencia ya no designa al hecho azaroso donde coinciden dos series, sino, el principio general de imprevisibilidad de tales encuentros. Si todo no es previsible, es que todo no es necesario; por tanto, podría haber en ello la no-necesidad, que llamaremos contingencia. Para sostener la noción de “contingencia” (tercer nivel del azar) un referencial: la idea de no-necesidad.
- d) Noción de **azar (hasard)**, derivada de una palabra árabe que designa probablemente el nombre de un castillo situado en Siria durante el siglo XII. Guillaume de Tyr, cronista de las Cruzadas, en su Historia **Rerum in partibus transmarinis gestaru**, escrita en Siria en el siglo XII, cuenta de la existencia de un castillo denominado **Hasart**. Castillo del cual, en un escrito del siglo XIII, se ha escrito que “allí se descubrió y de allí proviene el juego de dados, que así se llaman”. Antes de juego de dados, “azar” designa, un nombre de castillo. Es el nombre de un cierto juego de dados practicado por primera vez en ese castillo. Posteriormente, azar designa la cara del dado que lleva el número seis: “ **echar el azar**” significa obtener el seis. Más adelante, azar designa la idea de riesgo, de peligro, de situación que se escapa al control; ése es el sentido que ha permanecido en diferentes lenguas europeas (no en la francesa), en las cuales  **hazard**, **azzardo**, **azar**, implican la idea de un golpe de mala suerte, de un abandono a lo aleatorio que hace posible y amenazadora la posibilidad de un revés.

Desde el siglo XVII, azar toma en francés el sentido que ha permanecido hasta la actualidad, paralelamente al sentido de *casus* que la palabra azar acabó por anexionarse: una especie de silencio original del pensamiento que encubre todo lo que *no puede ser referido a la opinión de la mente*. Pascal fue uno de los primeros, sino el primero, que dio este sentido a la palabra azar. Cuando Pascal habla de azar no se cuestiona la imprevisibilidad de los encuentros, ni la posibilidad de la no-necesidad, sino más bien una carencia del pensar, un espacio en blanco, un silencio, anterior a toda posibilidad de encuentro y de pensamiento. (ROSSET, 1976)

El juego que se practicaba en el castillo de azar parece que negaba cualquier posibilidad de intervención: “azar” presidía la suerte de la partida. Se puede objetar que esta pasividad ante la suerte es una característica común a todos los juegos que excluyen la influencia de la habilidad, los cuales ya existían mucho antes que el castillo de Azar. No obstante, es posible que un elemento de fortuna haya permanecido presente en la mente del jugador, al que le atribuía la responsabilidad favorable o desfavorable de la partida: el carácter místico que los griegos prestaban a las ceremonias de sorteo apoya esta hipótesis (los dioses eligen). Tal vez los hombres que descubrieron en “Azar” el juego de su mismo nombre, se impresionaron por el hecho de que ese juego significaba una exclusión de cualquier idea distinta al azar del propio juego, que implica la interdicción de cualquier recurso exterior, llámese suerte, destino, providencia o fatalidad. Y así, para sostener la palabra *azar* (cuarto y último nivel de la idea de azar) ningún referencial: tan sólo la idea de la ausencia de todo referencial. El carácter particular de este “azar” respecto a los anteriores significa exactamente *nada*. No designa *destino* (*fors*), *encuentro* (*casus*), no-necesidad o “contingencia”; sólo “azar” designa el acto mismo de la negación, sin referencia a lo que niega. Ignorancia original, llamada a no negar más que accesoriamente todo lo que podría constituirse como pensamiento. Azar no es destructor: es más bien acusación previa, instancia anterior a la construcción. Azar parece una palabra a la que puede encomendarse el pensamiento trágico sin comprometerse demasiado – precisando que por ello no se entiende ni fortuna, ni encuentro, ni contingencia. Palabra de la que nunca se podrá obtener nada. Para Lucrecio: el azar, que define la “naturaleza” de las cosas, es la única idea virgen de cualquier elemento supersticioso. Nada se ha encomendado en última instancia al azar. Por eso, hasta ahora, no se ha producido nada malo, ni se ha pensado nada mediocre, en nombre del azar. (ROSSET, 1976)

La concepción de lo trágico depende de la naturaleza y de la cantidad de azar admitido en la expresión trágica. ¿Cuánto azar y qué azar? Dependen una de la otra: la “cantidad” de azar es función de la naturaleza que se le reconoce. Los tres primeros azares vistos anteriormente – *fors*, *casus*, *contingentia* –suponen la existencia de algo que no sea azar; sólo el cuarto prescinde de la necesidad de esta referencia al no azar. (ROSSET, 1976)

De manera general se puede decir que un cierto tipo de pensamiento del azar precisa, para ser concebible, de la existencia previa de una *naturaleza*. Los primeros se basan en la idea más general de naturaleza – con la condición de entender por “naturaleza” precisamente *eso a partir de lo cual existe la posibilidad de tales azares*. En ese sentido, la naturaleza se define por lo que no está comprendido por el azar (y el azar como lo que resalta sobre la naturaleza). (ROSSET, 1976)

Naturaleza designa todo ser cuya existencia no es sólo azarosa. Esta definición que opone lo natural al azar, y no a lo artificial, puede parecer aventurada. En un primer nivel, la naturaleza parece concordar con el azar, al contrario de lo dicho, en la medida que los dos términos designan un cierto modo de existencia que prescinde, para ser, de toda intervención exterior: si “lo que existe” no extrae su existencia de ninguna otra instancia que de sí mismo, puede llamarse tanto naturaleza como azar. (ROSSET, 1976)

Como el azar, la naturaleza se define por cierta falta de intervención. Lo azaroso se opone a lo providencial, es decir, “querido” de una cierta manera no humana, querido por las leyes de la materia, por las de la historia, de la vida, de Dios, de algo. La idea de naturaleza recusa la idea de intervención, pero tan sólo limitado a la idea de intervención humana. En un sentido mas profundo, la idea de naturaleza requiere la idea de una intervención mayor, a otro nivel. Antes del hombre ya había mundo. Como la constitución del pensamiento significa una capacidad de intervención en la naturaleza, la constitución de la naturaleza significa que se ha manifestado una capacidad de intervención en algo que no era naturaleza, sino caos y azar. Naturaleza designa, en todos los casos, la constitución de un ser cuya existencia no resulta ni de los efectos de la voluntad humana, ni de los efectos del azar. (ROSSET, 1976)

En resumen, los tres primeros azares – *fors*, *casus*, *congintentia* – no sólo respetan el concepto de naturaleza, sino que incluso lo necesitan para pensarse, puesto que se definen como relieve sobre esa naturaleza; sólo el cuarto – *azar* – ignora la idea de la naturaleza. Por tanto, ahora se van a distinguir dos concepciones del azar:

- 1) Azar de *acontecimiento*, o azar *constituido*, que supone la existencia de una naturaleza. Es el conjunto de las excepciones azarosas que invalidan y confirman el conjunto de las reglas de la naturaleza. Constituido: en cuanto es secundario a la constitución original de la naturaleza, constituido a su vez por la naturaleza. Naturaleza primero, azar después.
- 2) Azar *original*, o azar *constituyente*, que ignora y recusa la idea de la naturaleza. El azar original es anterior y en todas partes; el azar de acontecimiento es posterior y localizado.

Lo que el pensamiento trágico tiene ante sí es únicamente el azar en el segundo término. De ahora en adelante, el “azar” designará exclusivamente el segundo término, es decir, azar original y constituyente. Azar es el nombre que designa la aptitud de la materia para organizarse espontáneamente: la materia inerte recibe del azar lo que se llama vida, el movimiento y las diferentes formas de orden. La naturaleza humana, vegetal o mineral, exigen, para existir, que en ellas se contenga algo que trascienda toda circunstancia. Cuando el hombre se siente amenazado en su pensamiento, llama a la naturaleza: a un “algo” que sirve de marco, de referencial a su dolor. El verdadero horror no radica en perderse en lo desconocido, sino en el reconocerse en el azar. El azar es la pérdida de la naturaleza. Igual que el recién nacido llama a su madre, el hombre cuando se siente amenazado en su pensamiento, llama a la naturaleza: a un “algo” que sirve de marco, de referencial a su dolor. En ambos casos –el del hombre y el del niño – si la madre-naturaleza falta, inquietud y dolor se disuelven, perdiéndose en el terror. Una “naturaleza” no designa más que un instante en el juego de las reuniones de elementos. “Naturaleza” siempre designa, no un objeto, sino un punto de vista. Los pensamientos y ensoñaciones despiertos, la conciencia, sólo pueden vestir con adornos la impensable y cruel desnudez del azar: desnudez que las ideas pueden ocultar, pero no disolver del modo como el despertar disipa los sueños. (ROSSET, 1976)

Trágico, en todos los sentidos que aquí se le han reconocido, no designa nada más que el azar, en el sentido más general, el de azar constituyente, que engloba todas las posibilidades del “*azar de acontecimiento*”.

El pensamiento del azar no excluye la idea de generalidad; incluso sostiene la presencia de hechos generales en el seno de lo que existe. Aunque excluye la existencia de una “naturaleza”, del hombre o de la causalidad, es evidente que existen hechos generales que se llaman especie humana y causalidad. (ROSSET, 1976)

El azar tiene en cuenta la generalidad tanto como un pensamiento finalista o determinista, pero de modo diferente: no ve en ella un orden general que sería el del mundo y el de la existencia, sino que ve una manifestación específica de organización que no remite a ningún orden exterior a ella. Las leyes generales son “*contratos*” provisionales de la naturaleza que ligan un cierto conjunto de átomos en el seno de una organización perecedera. Contratos que sobre el azar tienen un relieve aparente, pues ellos mismos han surgido del azar: el azar, por el juego de las posibilidades de las combinaciones atómicas, no puede dejar de producir de vez en cuando algunas generalidades del mismo modo que, según la vieja argumentación de Epicuro, un número infinito de lanzamientos de las letras del alfabeto griego no podría dejar de producir una vez, por azar, el texto íntegro de la Iliada y la Odisea. Contratos pues, pero revocables como todos los contratos. De ahí el carácter frágil de las generalidades y la amenaza de inminente cataclismo que pesa sobre cualquier organización por estable que parezca. (ROSSET, 1976)

Uno de los débiles eslabones de cualquier forma de racionalismo es el principio según el cual la excepción confirma la regla. Este principio es un remedio para salir del paso. Como con la ley no es posible ningún arreglo, en la regla no existe, si existe regla, ninguna excepción. A partir de esta negación del acomodo entre la regla y la excepción, el pensamiento de Montaigne en sus *Ensayos* se desarrolla según un esquema simple e inflexible: 1) Una ley, si existe, no debe conocer excepción alguna. 2) Ahora bien, todas las leyes consideradas hasta ahora presentan excepciones. 3) De ello se infiere que no existe ninguna ley. 4) Luego, todo lo que existe, al no estar sometido a ley alguna a no ser que sea de orden imaginario, tiene un carácter excepcional: el reino de lo que existe es el reino de la excepción. (ROSSET, 1976)

Lo que ocurre, lo que existe, está dotado de todos los caracteres de la fiesta: irrupciones inesperadas, excepcionales, que no sobrevienen más que una vez; ocasión que sólo existe en un tiempo y en un lugar determinado, para una persona, y cuyo sabor único, no identificable y no repetible, dota a cada instante de la vida de las características de la fiesta, del juego y del júbilo. Así, en el azar del pensamiento trágico, se mezclan la regla de excepción y el principio de fiesta. Hay dos formas de indiferencia: una consiste en esperar el azar como *algo seguro*, puesto que todo es azar; la otra, en no esperar *nada*, ya que todo es azar. Indiferencia de la *fiesta* opuesta a la indiferencia del *aburrimiento*. Todo depende de lo que se querría ver aparecer: Azar o naturaleza. La primera conlleva un cierto grado de optimismo, mientras que la segunda va asociada a una especie de visión pesimista. La primera es una indiferencia alegre, la segunda es triste. (ROSSET, 1976)

Si el azar es, tal vez, la más profunda “verdad” de lo que piensa el filósofo trágico, resulta evidente que esa verdad es indemostrable, ya que todo principio de demostración se opone al principio de azar. Si el azar fuese demostrable, lo sería en nombre de una *necesidad*; ahora bien, el azar es precisamente la recusación de toda idea de necesidad. Si no es demostrable, puede preguntarse si al menos, en cierta manera, es “mostrable”. La filosofía trágica dice que es al pensador de la necesidad, y no a él, al que incumbe la responsabilidad de la prueba. El azar no es mostrable porque la necesidad nunca es mostrada. Uno de los filósofos trágicos, Lucrecio, en su *Rerum natura*, indica: “y ese mundo es obra de la naturaleza: por sí mismos, espontáneamente, por el azar de los encuentros, los elementos de las cosas, después de haberse unido de mil maneras, confusamente, de un modo inútil y vano, por fin produjeron estas combinaciones que, tan pronto como estuvieron formadas, para siempre debían ser los orígenes de objetos como la tierra, el mar, el cielo y los animales”. (ROSSET, 1976)

El rechazo del determinismo no significa el rechazo de una cierta forma de racionalidad universal, que excluye de “lo que existe” toda posibilidad de lo *arbitrario*. Debe distinguirse entre las nociones de arbitrario y *fortuito*. Lo que existe siempre es fortuito puesto que está constituido por el azar; pero de ello no se deduce que los seres y los acontecimientos, una vez constituidos “naturalmente” por el azar, aparezcan y desaparezcan según su capricho.



La razón es excluida del mundo en beneficio del azar; pero, por su parte, el azar constituye una razón. Esto es lo que Lucrecio intenta describir bajo el nombre de “naturaleza de las cosas”. ¿Por qué el azar engendra lo fortuito pero no lo arbitrario? A causa, dice Lucrecio, de un necesario límite inscrito en la naturaleza que, por una parte, no permite más que ciertas combinaciones, por otra parte, no permite más que ciertas combinaciones y, por otra parte, no permite más que ciertos “efectos” en el seno de estas combinaciones. (ROSSET, 1976)

Tal como indica F. J. Martínez<sup>1</sup> cuando habla del azar y el caos: “El azar rechaza de igual manera la idea de lo extraordinario y de lo ordinario en lo que hay: toda existencia es excepcional, ya que no hay ninguna 'normalidad' en la naturaleza entendida como el conjunto de lo que hay y no como el principio que hace que lo que hay sea y, además, sea de una manera determinada y no de otra. La filosofía del azar es una filosofía de la excepción, de la fiesta y de la maravilla, pero también del terror al descubrir tras las apariencias familiares y naturales, lo siniestro, lo desacostumbrado, el monstruo no ya como excepción sino como lo natural.” (MARTINEZ, 2003)

F. J. Martínez también indica: “El pensamiento del azar, sin embargo, tampoco es indeterminista ya que distingue entre lo fortuito y lo arbitrario. Que lo que existe sea fortuito al estar constituido por el azar no significa que sea arbitrario, es decir, caprichoso y sin motivo. Las leyes naturales son azarosas, en el sentido en que podían haber sido de otra manera, pero una vez establecidas permiten producir resultados ciertos dentro de sus ámbitos de validez. No cualquier combinación es posible y las leyes descubiertas por las ciencias van restringiendo el campo de la posibilidad. Las leyes naturales, *foedera naturai* según Lucrecio y 'leyes provinciales' según Montaigne, son generalidades que recortan en el continuo de lo real regiones de relativa estabilidad en la que se pueden esperar resultados ciertos.” (MARTINEZ, 2003)

---

<sup>1</sup> Martínez Martínez, Francisco José , "Azar y Caos". En Román Reyes (Dir): *Diccionario Crítico de Ciencias Sociales*, Pub. Electrónica, Universidad Complutense, Madrid 2003  
<<http://ucm.es/info/eurotheo/diccionario>>

### 7.2.12 Azar y caos en las ciencias naturales

Si se busca el significado de estos conceptos en *el Diccionario Crítico de Ciencias Sociales* difundido por la Universidad Complutense de Madrid, se encuentra dentro de su aplicación en las *ciencias naturales* se repite lo indicado anteriormente, no obstante es interesante remarcar lo siguiente:

El determinismo puede ser subvertido de dos maneras: una, por el azar, es decir, la indeterminación de un estado en relación con los que le han precedido y los que le sucederán; y otra por el caos, es decir, el hecho de que a pesar de que un estado esté determinado no pueda ser objeto de predicción por lo que se podría denominar 'la sensibilidad a las condiciones iniciales'. (MARTINEZ, 2002)

Martínez continúa diciendo que un conjunto fractal es un conjunto 'monstruoso' cuya dimensión es intermedia entre una línea y una superficie o entre una superficie y un volumen. Son volúmenes casi huecos, líneas enmarañadas que casi cubren el conjunto del plano pero sin hacerlo del todo o conjunto de puntos, 'polvos', productos de la explosión de la recta. Estas extrañas figuras geométricas gozan de una peculiar invariancia a través de las escalas que hace que cada fragmento del fractal sea semejante (autosemejante) a cualquier fragmento más grande e incluso al fractal en su conjunto. La citada autosemejanza es una consecuencia de que el fractal es el resultado de una aplicación continua que pliega una y otra vez sobre sí mismo el espacio de fases, dando lugar a veces a una estructura hojaldrada, en capas, y expresa la continuidad de las fuerzas que producen la dinámica. (MARTINEZ, 2002)

Los atractores extraños con estructura de fractal que obedecen a dos constricciones: la divergencia de las trayectorias y su confinamiento en un espacio determinado donde dichas trayectorias se reagrupan constantemente sin cortarse; la sensibilidad a las condiciones iniciales son las responsables del estiramiento del fractal y al confinamiento espacial responde el plegado del mismo. Estas dos condiciones sólo se pueden cumplir en espacios de al menos tres dimensiones. (MARTINEZ, 2002)

Se puede hablar de un borde del caos ya que el mismo surge cuando la complejidad de un sistema (medida por su capacidad computacional, es decir, su capacidad para almacenar y procesar información) alcanza un máximo, cosa que sucede en una estrecha zona que separa estados altamente ordenados de estados completamente caóticos. Del orden se puede pasar al caos (en sistemas no lineales de al menos tres variables) a través de tres caminos principales que suponen los tres la desestabilización de regímenes periódicos por perturbaciones que en lugar de amortiguarse y desaparecer se amplifican: por duplicación de período, por intermitencias, o por la cuasi-periodicidad. La duplicación del período se ha observado en la evolución de poblaciones en biología. La transición mediante intermitencias hacia el caos se produce cuando períodos de comportamiento regular del sistema se ven interrumpidos por explosiones caóticas que aparecen a intervalos de tiempo de duración aleatoria. El caos debido a la cuasi-periodicidad se produce por la interacción y el acoplamiento no lineal de dos o más osciladores periódicos. (MARTINEZ, 2002)

Por su parte el caos también puede producir fenómenos de orden, 'orden mediante fluctuaciones', cómo los que han estudiado Prigogine y sus colaboradores de la Escuela de Bruselas, quienes han analizado la forma en la que la materia se comporta lejos del equilibrio y sometida a una dinámica no lineal, dando lugar a estructuras disipativas; en estas estructuras, gracias al aporte de energía exterior, las fluctuaciones aleatorias no se amortiguan y desaparecen sino que, en algunos casos lejos del equilibrio, se amplifican y estabilizan alcanzando escala macroscópica y dando lugar a fenómenos ordenados, auto-organizados, a partir del caos aleatorio. En un sistema en equilibrio las fluctuaciones que sufren las variables del sistema son absorbidas ya que el sistema es estable y no se modifica por pequeñas perturbaciones; pero lejos del equilibrio el sistema se inestabiliza y puede llegar a un punto en que se produce una bifurcación en la que el sistema cambia de estructura, generalmente pasa a otro estado de equilibrio tras la absorción de las perturbaciones, pero a veces el sistema salta a una posición inestable, la cual a su vez puede estabilizarse de nuevo amplificando y sosteniendo las fluctuaciones que la han producido. En estos casos el orden es el producto de dos procesos antagónicos: un proceso aleatorio, continuo pero incoherente, de generación de novedad en forma de pequeñas fluctuaciones, explorador de posibilidades inéditas, y un proceso de transporte que permite capturar, amplificar y estabilizar a escala macroscópica estas señales microscópicas. (MARTINEZ, 2002)

Para concluir se presenta una serie de fenómenos variados en los que se producen estructuras caóticas ('*caología*'). Uno de los primeros enfrentamientos con el caos fue el atractor de Lorenz, encontrado al repetir un cálculo de las ecuaciones que rigen el movimiento del aire. La pequeña modificación dio lugar a un resultado completamente distinto. Esta sensibilidad a las condiciones iniciales es lo que hace tan difícil la predicción meteorológica ya que una pequeña variación de dichas condiciones, modifica completamente el resultado del cálculo ('*efecto mariposa*'). Otro campo que obtiene resultados caóticos, ya estudiado por Poincaré, es el análisis de la estabilidad del sistema solar. Dada la disparidad de masas entre el Sol y el conjunto de planetas, en una primera aproximación (Kepler) se puede despreciar la influencia de los demás planetas y considerar cada planeta y el sol como dos cuerpos aislados. En este caso el sistema tiene solución estable: la órbita elíptica clásica. Pero, si se tienen en cuenta los efectos de los demás planetas el sistema adopta la forma del problema de los tres cuerpos, deja de ser integrable y se producen soluciones inestables, obteniéndose el alejamiento indefinido del planeta considerado del resto del sistema. Gracias al teorema KAM se puede confiar en que la mayoría de las soluciones del sistema son regulares, pero no todas, con lo que la posibilidad de inestabilidad persiste aunque atenuada. (MARTINEZ, 2002)

Un ejemplo curioso de surgimiento de comportamientos caóticos en sistemas corrientes como un péndulo sometido a una fuerza exterior se tiene en el análisis que J. R. Sanmartín ha hecho de la física del botafumeiro de la catedral de Santiago. Su movimiento puede presentar en ciertas condiciones comportamientos caóticos cuya existencia histórica se ha documentado. Por ejemplo, las caídas del 23 de mayo de 1622 y del 25 de julio de 1499, debidas a dos soluciones inestables distintas. Las ciencias de la vida también tienen ejemplos de caos determinista, favorables y desfavorables para la salud. Un ritmo cardíaco sano implica un cierto carácter errático, signo quizás de la existencia de un atractor extraño, mientras que una periodicidad regular suele preceder a un paro cardíaco. Hay regímenes caóticos de dicho ritmo que son fatales, como en el fenómeno de fibrilación ventricular donde aunque las partes del corazón funcionan correctamente el músculo se retuerce descoordinado e incapaz de bombear la sangre. Todos estos ejemplos muestran que el orden y el desorden se entremezclan dando lugar a la maravilla que constituye el mundo, el cual no es un simple cosmos sin mezcla alguna de caos. (MARTINEZ, 2002)

### 7.2.13 Computación, azar e indeterminismo

Jacovkis, decano de la facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, indica, en “*Computación, azar y determinismo*”, que la aparición de la computación influyó profundamente en la matemática, ingenierías y ciencias naturales. El cambio se extendió al conjunto de la sociedad, proporcionando nuevos elementos para analizar el azar; y su vieja relación con el determinismo. (JACOVKIS, 1995)

Ya hace siglos que quedó planteada, en los ambientes científicos y filosóficos, la discusión sobre las características del azar; así como su contraposición con el determinismo o, en algunos contextos, la oposición entre determinismo y libre albedrío. Es conocido que, de Newton en adelante, por mucho tiempo, la ciencia quedó asociada con el determinismo, y que, con la llegada de la mecánica cuántica en virtud del principio de incertidumbre, se produjo una restauración del azar. Indica que es interesante notar, como también lo hace Ian Hacking, la fuerza del paradigma determinista en la primera mitad del siglo XIX, pues la “observación” de ciertas leyes estadísticas en fenómenos sociales se consideró prueba de que en ellos se encontraba forma de determinismo. Indica que es difícil dar una definición de azar que satisfaga a todos los científicos, pues, en muchos de ellos anida un rechazo instintivo del concepto. Recuerda el “Dios no juega a los dados”, de Einstein. Expone algunas interpretaciones posibles de la idea de azar: (JACOVKIS, 1995)

- **Ignorancia:** La noción de azar como ignorancia está asociada a lo que se llama probabilidad subjetiva, uno de cuyos principales estudiosos fue el economista británico John Maynard Keynes. (JACOVKIS, 1995)
  
- “**Complejidad:** Un sistema matemático puede ser determinístico, pero si la cantidad de variables y ecuaciones que definen su comportamiento es muy grande, no podrán preverse las consecuencias de los cambios en dichas variables, simplemente por imposibilidad técnica de calcularlas. En tales circunstancias, sobre todo antes de la era de la computadora, se debía simplificar el sistema para poder prever su evolución, con lo que los efectos de las variables desestimadas u ocultas pasaban a ser concebidos como perturbaciones aleatorias. Esta definición reduce el azar a complejidad. (JACOVKIS, 1995)

Para él, la complejidad es sólo una de las posibles acepciones del azar: podría considerársela semejante a la de azar como resultado de la ignorancia, pues se desconoce como funciona un sistema complejo. Sin embargo, prefiere distinguir azar como complejidad, de azar como ignorancia y reservar la última categoría para la ignorancia de situaciones simples. (JACOVKIS, 1995)

- **Inestabilidad:** Si un sistema representable mediante un modelo matemático, evoluciona de forma determinista (es decir, si el valor que toman en cada instante las variables que lo describen es una función del valor de dichas variables en el momento inicial), en teoría se podrá calcular la sucesión temporal de valores mediante un algoritmo computacional. Pero, si partiendo de situaciones iniciales muy parecidas o cercanas el modelo llega a resultados muy distintos (siempre hay límites de precisión en la descripción cuantitativa) el resultado puede ser impredecible. Aquí se ha usado el término impredecible como sinónimo de aleatorio o azaroso; contrariamente, se puede decir que algo es predecible cuando se pueden calcular, mediante un algoritmo y con razonable precisión, los resultados que interesa establecer. En los sistemas inestables ese algoritmo no existe, por lo menos para ciertos instantes iniciales y determinados resultados alejados en el tiempo de ese instante. Estas desviaciones son independientes del tipo y precisión de la computadora empleada. (JACOVKIS, 1995)

**Azar intrínseco o esencial:** Se puede considerar que el mundo que experimentan los sentidos y el microscópico están intrínsecamente sujetos al azar. En el mundo que describe la mecánica cuántica, el principio de incertidumbre de Heisenberg y, por consiguiente, el azar, son aceptados por los físicos -con entusiasmo o con resignación-, aunque sólo sea para no concluir que todo está determinado. La existencia intrínseca del azar se concibe de dos maneras: como una propiedad constitutiva de lo que puede llamarse el mundo real, y como el resultado de la transposición a este de los fenómenos cuánticos. Ambos enfoques son en estos momentos objeto de muchísimas discusiones difíciles de resumir. A menudo, los fenómenos que se quieren simular incluyen sucesos aleatorios (por ejemplo, la llegada de clientes a una cola: ¿cuánto después de que arribe uno determinado lo hará el siguiente?), que se deben reflejar en el programa de computación. ¿Cómo reflejar aleatoriedad en tal programa, dado que por su construcción la computadora es un aparato determinista? (JACOVKIS, 1995)

La computadora permitió construir modelos matemáticos de *sistemas complejos*. Dado que sus ecuaciones no podían ser resueltas por una computadora, los modelos debieron ser alterados para adaptarlos a métodos numéricos aproximados de resolución, que puedan pasar por la computadora. Muchos de estos modelos matemático-computacionales tienen tal complejidad de ecuaciones y de variables que no se logra un buen conocimiento teórico de sus características, en particular de su estabilidad (que los resultados no varíen demasiado ante cambios pequeños de la entrada). Corriendo el modelo con distintas entradas, se pueden hacer pruebas de la estabilidad. Esto sirve para detectar inestabilidades pero no para rechazar la posibilidad de que existan. Si el modelo de un fenómeno físico poco conocido da resultados inesperados, y no se encuentra una teoría que explique el comportamiento, los resultados se consideran aleatorios, impredecibles; aunque el modelo no es inestable. Pero, como el modelo que representa al fenómeno físico seguramente fue alterado para utilizar métodos numéricos, manejables por la computadora, se está ante estas situaciones (JACOVKIS, 1995):

- Que el modelo matemático represente bien al fenómeno físico y sea estable, pero los métodos numéricos usados no sean buenos y permitan la propagación y amplificación de errores. Es el caso más fácilmente explicable y subsanable: un buen analista numérico puede darse cuenta de los problemas y encontrar un método mejor, a veces a costa de mucho trabajo computacional. Se trata de una situación de aleatoriedad espuria.
- Que el modelo represente al fenómeno físico pero sea inestable e impredecible. Un especialista en sistemas dinámicos puede advertir las causas matemáticas de la inestabilidad y demostrar la necesidad teórica de su existencia. Si el modelo representa bien al fenómeno físico, esa inestabilidad matemática refleja una inestabilidad física.
- Que el modelo arroje resultados inesperados pero no esté claro si refleja un fenómeno real, no observado en el laboratorio, o no representa bien al hecho físico. Este problema se presenta cada vez con mayor frecuencia. Se eliminan costosos experimentos y se construyen modelos matemáticos más complejos para simular situaciones reales.

Como se puede imaginar estos problemas no se planteaban antes de la era de la computadora, porque en esos tiempos era imposible resolver modelos de alta complejidad. (JACOVKIS, 1995)

En gran parte de la historia de la ciencia los procesos se han representado mediante aproximaciones lineales, cuya simplicidad las hace de resolución relativamente fácil. Antes de la era de la computadora la linealización de los modelos era la única posibilidad de obtener soluciones explícitas. La difusión de la computadora permitió afrontar problemas para los cuales la linealización resulta una simplificación excesiva, y provocó que el mundo científico comenzara a investigar fenómenos no lineales, a menudo con comportamientos muy distintos de los lineales. (JACOVKIS, 1995)

Los sistemas dinámicos lineales habían sido estudiados con mucho detalle por los matemáticos, pero los no lineales comenzaron a serlo desde hace treinta años. Son especialmente atractivos los sistemas no lineales inestables, en los cuales pequeños cambios del estado inicial provocan grandes alteraciones de los resultados, tan grandes que, a partir de cierto punto, se pierde el control de las trayectorias de las variables y no se puede predecir su comportamiento, aunque las ecuaciones diferenciales que lo rigen estén perfectamente especificadas. (JACOVKIS, 1995)

Estos son los sistemas caóticos. Se ha acuñado la expresión *caos determinístico* para reflejar la situación descrita en el párrafo anterior. Las condiciones iniciales nunca están suficientemente especificadas: provienen de estimaciones más o menos razonables; o han sido medidas con instrumentos cuya precisión siempre tiene un límite. Nunca se puede introducir en la computadora datos de mayor precisión que la de ésta: si la sensibilidad del modelo supera la precisión de la computadora o de los instrumentos de medición, la trayectoria de las variables será indeterminada. (JACOVKIS, 1995)

¿Qué clase de indeterminación es esta? Se está en una situación parecida a la de los números pseudo-aleatorios, aunque en el segundo caso se sabe que la serie es determinística y fue construida para que parezca aleatoria, mientras que con los sistemas dinámicos no lineales inestables se va perdiendo información y se llega a un alto grado de desorden. La situación es análoga a la de otros modelos inestables pero no necesariamente dinámicos; la diferencia es que en ellos se conoce que la inestabilidad proviene del modelo, mientras que en el caos determinístico se ignora si la inestabilidad se origina en el modelo, el método numérico, o si simplemente no hay inestabilidad, sino un modelo muy complejo. (JACOVKIS, 1995)



En los casos descritos se puede considerar que la dimensión aleatoria es debida a la complejidad del mundo real (modelos con muchas variables). Pero, que Lorenz encontrara un sistema dinámico, con sólo tres variables independientes, con comportamiento caótico, es, a su juicio, muy importante: “no sorprende que los sistemas no lineales se comporten en forma diferente de los lineales; pero que el caos no dependa de la complejidad sino, exclusivamente, de la no linealidad, es un hallazgo novedoso y espectacular.” (JACOVKIS, 1995)

Concluye diciendo que el uso de técnicas computacionales ha permitido simular fenómenos aleatorios mediante comportamientos determinísticos imposibles de advertir con las técnicas estadísticas actuales. Todo hace pensar que tests estadísticos más potentes no harán variar la situación. De todos modos, estos ejemplos de determinismo indetectable no alteran las características de la ciencia como disciplina descriptiva, explicativa y predictiva. En primer lugar, muchos sistemas pueden considerarse determinísticos, aunque estrictamente no lo sean; a pesar de ello, el progreso del conocimiento científico y tecnológico que han ocasionado es extraordinario. En segundo lugar, en muchos sistemas el componente aleatorio-intrínseco o encuadrado en cualquiera de las otras interpretaciones del azar mencionadas- es poco importante, aunque no sea despreciable: la aleatoriedad se refleja en una perturbación o ruido en el modelo, tal vez algo molesto, pero que no impide predecir el comportamiento del sistema. Y en tercer lugar, incluso en los sistemas afectados por el caos determinístico, las trayectorias se van descontrolando paulatinamente pero se pueden predecir si bien con precisión cada vez menor a medida que transcurre el tiempo. Ello no quita importancia a las predicciones: que no se pueda hacer un pronóstico meteorológico para dentro de seis meses no es razón para creer que el realizado para mañana sea incorrecto. Como último comentario, es interesante observar que la evolución del conocimiento científico hizo variar los modelos matemáticos deterministas. Pasaron del tipo ideal de Laplace, donde el conocimiento del sistema en un instante permite conocer el futuro y el pasado (modelos simétricos con respecto al tiempo), al tipo irreversible, que permite conocer el futuro pero no el pasado y finalmente, a aquellos que no proporcionan conocimiento de un futuro suficientemente lejano, como son los modelos dinámicos inestables no lineales. Con el avance del conocimiento en las ciencias exactas y naturales, sin perder su carácter determinista, los modelos matemáticos reflejan cada vez más la ignorancia, primero del pasado y luego del futuro. Interesante contradicción.

### 7.2.14 Azar e Indeterminismo (La Estructura de la Ciencia)

Ernest NAGEL, en *La estructura de la ciencia*, analiza si los “sucesos reales” de la naturaleza son o no, parcial o totalmente, “indeterminados” o hechos “de azar”, y de si el uso de variables de estado estadísticas es o no una consecuencia de que ciertos procesos físicos pertenezcan al dominio de lo fortuito. (NAGEL, 1981, pág. 300-309)

La palabra ‘azar’ es ambigua y vaga. Van a distinguirse diversos sentidos, para decidir si en alguno de estos significados la caracterización de un suceso como debido al azar es incompatible con su caracterización como causado o determinado. (NAGEL, 1981)

1. El uso más familiar y difundido de la palabra ‘azar’ se da en contextos en los cuales sucede algo inesperado, que no es consecuencia de un plan deliberado. Para que se describa como un suceso de azar, el hecho debe tener algunas características y debe tenerse la sensación de que su aparición irrumpe en un plan de acción definido. Pero en este sentido la palabra ‘azar’ es muy vaga. No pueden establecerse límites claros de su aplicación. Un suceso que es un hecho de azar, en este sentido, no se supone “no causado” o carente de condiciones determinadas para su aparición. (NAGEL, 1981)
2. La palabra ‘azar’ se predica: cuando hay una ignorancia prácticamente completa acerca de las condiciones determinantes del suceso, o bien, cuando se sabe que estas condiciones pertenecen a alguna clase de tipos alternativos de condiciones, pero no se sabe a cuál de los tipos particulares de esta clase pertenece. En el primer caso puede ser el tiempo meteorológico a largo plazo y en el segundo caso al de lanzar un dado. En el caso del dado se pueden conocer las fuerzas que intervienen y las posibilidades finales (seis) pero no se sabe cuál de las posibilidades se realizará.

Para ser considerados como hechos de azar, los resultados deben manifestar un carácter ‘fortuito’ o ‘casual’. Hay diversas definiciones de esta ‘casualidad’, no demasiado satisfactorias. Hay una definición con considerable mérito; “un conjunto linealmente ordenado de sucesos es casual si y sólo si satisface ciertos postulados del cálculo de probabilidades”. (NAGEL, 1981)

Cuando se dice que un tipo determinado de sucesos se ‘debe al azar’, en el sentido considerado, se da por supuesta alguna *definición* de suceso ‘fortuito’ o ‘casual’. Es esencial observar que decir de un suceso que se produce por azar no es incompatible con la afirmación de que está causado; admitir ignorancia concerniente a las condiciones específicas que determinan un suceso no implica negar la existencia de tales condiciones. (NAGEL, 1981)

3. En los análisis históricos y sociológicos se dice comúnmente que un suceso es un hecho de azar si aparece “en la intersección de dos series causales independientes”. Se dice que es un hecho de azar, no porque ‘no esté causado’, sino porque se produce en la ‘juntura’ de dos secuencias causales independientes. ‘Independientes’ en el sentido de que los sucesos de una no determinan los sucesos de la otra: ningún cuerpo de conocimiento basta por sí mismo para predecir el accidente. (NAGEL, 1981)

La expresión ‘cadenas causales independientes’ se basa en la imagen de dos líneas que se intersectan en un punto. La sucesión de puntos de cada línea está determinada por el carácter ‘intrínseco’ de la línea, pero no por la ‘naturaleza’ de la otra línea; y el hecho de que las líneas tengan un punto en común no está determinado por la naturaleza de ninguna de las líneas tomada aisladamente. La suposición de que los sucesos son análogos a los puntos de una línea y que la aparición de un suceso está determinada por la ‘naturaleza’ de las partes precedentes de la secuencia es una metáfora sugestiva y una fantasía apenas inteligible. Los acontecimientos concretos no poseen tales naturalezas intrínsecas e independientes. Un suceso dado manifiesta un número indefinido de caracteres y, según las teorías físicas actuales, hay un número indefinido de determinantes causales distintos para la aparición de cualquier suceso específico. Por consiguiente, si se adopta la imagen de la línea para describir las relaciones causales entre sucesos, la manera más adecuada de describir un suceso es considerarlo como la intersección de un número indefinido (infinito) de líneas. Pero si se emplea la imagen más compleja, ya no es claro si quiera en apariencia qué se debe entender por ‘líneas causales independientes’, pues entonces todo suceso es el nodo de muchas influencias causales. (NAGEL, 1981)

4. Hay un cuarto sentido de ‘azar’ íntimamente relacionado con el que anterior. Un suceso es un hecho de ‘azar’ o ‘contingente’ si en un contexto dado su aparición no deriva de ningún otro. Así, si se quiere predecir una posición y una velocidad futuras del planeta Marte con ayuda de la teoría gravitacional newtoniana, se debe establecer una posición y una velocidad iniciales del planeta; y el hecho de que en tal tiempo inicial Marte se encuentre en cierto lugar y se mueva con cierta velocidad es un hecho de azar. No se niega que un suceso caracterizado como un hecho de azar pueda ser considerado la consecuencia de algún otro suceso o que el enunciado que afirma la primera aparición pueda derivar de otros sucesos diferentes. El hecho de que pueda ser derivado de este modo no borra la distinción entre un suceso de azar y otro que no lo es, en el sentido aquí considerado. En primer lugar, se dice que un suceso es de azar en un *contexto dado*, y el que no sea un hecho de azar en algún *otro* contexto no excluye que lo sea en el dado. Es evidente que no hay incompatibilidad alguna en decir que un suceso es un hecho de azar y decir que, no obstante esto, hay condiciones o causas determinadas de su aparición. Y en segundo lugar, aunque un suceso que es un hecho de azar en un contexto pueda no serlo en un segundo contexto, algún *otro* suceso debe ser reconocido como un hecho de azar en el último contexto indicado. La producción de un suceso se formula como un enunciado singular simple, y tales enunciados sólo pueden ser deducidos de teorías o leyes si se agregan a éstas condiciones iniciales adecuadas. (NAGEL, 1981)

Pero los sucesos no sólo son caracterizados como hechos de azar en el sentido considerado de la expresión, sino que a veces se usa para caracterizar leyes y teorías. Hay ambigüedad en este uso más extenso. Se dice que una ley es “contingente” o se cumple ‘por azar’ si dicha ley. En esto hay un paralelismo con el uso de la palabra en relación con sucesos. Por ejemplo, la ley de la dilatación lineal térmica de los sólidos fue considerada antaño una ley meramente contingente, porque no se disponía de ninguna explicación de ella en términos de una teoría física aceptada. Por esta razón comúnmente se llama a la ley una fórmula ‘empírica’, porque su aceptación sólo se basaba en un conjunto de elementos de juicio experimentales directos. Por otra parte, aunque en una época se sostenía que la ley de Boyle-Charles para los gases ideales es simplemente una verdad empírica fortuita, actualmente no se la considera así, pues se la puede derivar de las suposiciones de la teoría cinética de los gases. (NAGEL, 1981)

Así mismo, se dice que una teoría como la teoría cinética de los gases o la electromagnética es un conjunto contingente de suposiciones porque no es explicable (en la actualidad) por ninguna teoría más general y porque no se la acepta sobre la base de que sea la consecuencia lógica de otras premisas bien establecidas. Puesto que no se puede continuar indefinidamente el proceso de explicación, es evidente que debe haber siempre algunas teorías que sean contingentes en el sentido considerado. Los científicos y filósofos que ‘en última instancia’ las ciencias no suministran explicaciones de nada, a menudo sólo tienen in mente algo semejante; y deben entenderse sus afirmaciones en el sentido de que los fundamentos para aceptar las premisas de cualquier explicación propuesta no son puramente deductivos. (NAGEL, 1981)

A veces se dice que una teoría o una ley es una verdad contingente, sea o no derivable de otras suposiciones, simplemente porque no es una *verdad lógicamente necesaria* y sólo se la puede asentar en *elementos de juicio empíricos*. Hay enunciados que son lógicamente necesarios y su verdad puede ser certificada considerando solamente el significado de sus términos. Hay enunciados que no lo son. Enunciados como ‘las arañas no son insectos’, ‘la suma de los ángulos de un triángulo euclídeo es igual a dos rectos’ y ‘todos los números primos mayores que dos son impares’ son ejemplos de la primera clase, mientras que ‘ningún mamífero tiene branquias’, ‘en la electrólisis, el agua se descompone en hidrógeno y oxígeno’ y ‘un cuerpo cargado eléctricamente y en movimiento genera un campo magnético’ son ilustraciones de la segunda clase. Quienes rechazan la distinción entre enunciados lógicamente necesarios (o ‘analíticos’) y lógicamente indeterminados (o ‘sintéticos’) no ven la utilidad de caracterizar un grupo especial de enunciados como verdades ‘contingentes’. En la práctica científica se observa la distinción, en general. Puesto que se supone que las teorías y leyes científicas sólo son contingentemente verdaderas, ningún fenómeno aislado de la naturaleza y ningún esquema de coexistencia o de cambio que formulen las teorías o las leyes son lógicamente necesarios. Si se identifica una explicación ‘completamente racional’ con una explicación cuyas premisas son verdades necesarias, entonces no se puede dar ninguna explicación completamente racional del mundo o algún fenómeno de él.

5. Queda un sentido de 'azar' que requiere atención; la palabra alude a un carácter 'absoluto', y no relacional, de los sucesos. Un suceso del cual se predica el 'azar' en este sentido es considerado 'no causado', de modo que no solamente no se conocen las condiciones determinantes, sino que ni siquiera existen tales condiciones. Peirce sostenía que si se rastrean las causas de una desviación irregular de cualquier ley física aceptada, 'se estará obligado a admitir que se debe a una determinación arbitraria o al azar.'. Según él, siempre se producen diversificaciones y, admitiendo la 'pura espontaneidad' como característica del universo, 'que actúa siempre y en todas partes, aunque restringida dentro de estrechos límites por las leyes, y que producen continuamente desviaciones infinitesimales de éstas', Peirce creía que podía explicar 'toda la variedad y diversidad del universo'. Muchos físicos contemporáneos también sostienen que los procesos subatómicos se caracterizan por su azar absoluto, de modo que, la emisión de partículas por substancias radiactivas es considerada como 'un proceso debido a la descomposición espontánea de sus átomos'. (NAGEL, 1981)

Se dice que un suceso es un '*suceso de azar absoluto*' no porque no haya condiciones determinadas de su aparición, sino porque aunque haya tales condiciones, el mismo manifiesta ciertas '*características novedosas*' muy diferentes de las que las condiciones manifiestan. Así se afirma que, cuando se agregó ácido sulfúrico a la sal común por primera vez, no se podía haber predicho la formación del gas que se produce en tal caso con sus propiedades peculiares; se dice entonces que la generación del gas en las condiciones indicadas es un suceso de azar. También es posible que el tiquismo de Peirce contenga esta noción de azar como componente. Pero este sentido especial de 'azar absoluto' desempeña un papel esencial en las doctrinas actuales de la 'evolución emergente'. (NAGEL, 1981)

Volviendo al primer sentido de '*azar absoluto*' (ausencia de condiciones determinantes). Esta noción de azar está libre de contradicciones internas. Tampoco hay ninguna razón a priori para excluir la posibilidad de que haya hechos de azar, en este sentido. En realidad, por la naturaleza del caso es imposible demostrar más allá de toda duda que un suceso es un hecho de azar absoluto. Sería necesario demostrar que no hay nada de lo cual dependa. (NAGEL, 1981)

Además, hay una seria dificultad asociada a la noción de azar que hace de la suposición de ‘azar absoluto’ una hipótesis gratuita. La razón por la cual se dice habitualmente que los sucesos se producen de una manera totalmente fortuita es que no aparece ‘orden’ alguno en la secuencia de sus apariciones y, en consecuencia, no pueden formularse relaciones funcionales entre los sucesos y los tiempos en los cuales ocurren. La afirmación de que una secuencia de sucesos manifiesta un desorden absoluto sólo es defendible si se usan los términos ‘orden’ y ‘desorden’ en algún sentido especial o restringido, y sólo si se entiende ‘relación funcional’ en el sentido de alguna clase limitada de funciones matemáticas. En resumen, la idea de un desorden absoluto y sin restricciones es contradictoria. (NAGEL, 1981)

La suposición lógicamente incoherente de una distribución absolutamente al azar debe ser reemplazada por la hipótesis coherente de un desorden relativo (o azar relativo), según la cual una secuencia de sucesos es una secuencia al azar o desordenada si los sucesos que se producen en un cierto orden no pueden ser deducidos de ninguna ley perteneciente a alguna clase específica de leyes. (NAGEL, 1981)

Para Nagel, el resultado principal de este examen es que, decir que un suceso que ‘sucede por azar’ no es incompatible con afirmar que el suceso está determinado, excepto cuando se entiende ‘suceder por azar’ en el sentido de que no hay condiciones determinantes para que se produzca el suceso. Pero, de hecho, no se conocen las condiciones precisas para que se produzcan muchas especies de sucesos, aunque se pueda confiar en que tales condiciones existan. En sustitución de tal conocimiento, a menudo se pueden establecer relaciones de dependencia entre propiedades estadísticas de sucesos, y no entre sucesos individuales o propiedades individuales de éstos. El uso de variables estadísticas de estado en las teorías físicas modernas se basa en la suposición de que, aunque no se conoce la conducta detallada de los elementos microscópicos ‘individuales’ postulados por la teoría, se puede reducir bastante la ignorancia examinando diversas propiedades estadísticas de esos elementos. (NAGEL, 1981)

En la física clásica la conducta ‘al azar’ supuesta para los individuos postulados no es considerada la manifestación de algún carácter radicalmente ‘acasual’ o ‘intrínsecamente fortuito’ de los movimientos de esos individuos.

Por el contrario, el sentido en el cual se dice que se producen movimientos individuales ‘por azar’ es en el sentido de ‘azar’ relativo, el segundo significado de la palabra. En la mecánica cuántica se cree que el uso de una descripción de estado estadística refleja la naturaleza intrínsecamente indeterminada, o absolutamente al azar de los procesos subatómicos. La cuestión de saber si éstos procesos son o no absolutamente fortuitos no es un tema de importancia científica, pues, como hemos señalado, la teoría cuántica es compatible con cualquiera de las alternativas. Los físicos que sostienen que la mecánica cuántica sólo requiere la noción de azar relativo y cuyos ‘instintos científicos’ son hostiles a la noción de azar absoluto, quizás algún día elaboren una teoría esencialmente no estadística para reemplazar a la actual teoría cuántica. Si se realizaran sus esperanzas, indudablemente se invertiría la creencia actual de que la física ha establecido el carácter completamente fortuito de los procesos subatómicos. Pero hasta que no se disponga de tal teoría alternativa la cuestión del azar absoluto seguirá siendo objeto de controversias inconcluyentes. (NAGEL, 1981)

En una carta a Born, Einstein declaraba; “Usted cree que Dios juega a los dados y yo en leyes perfectas en el mundo de cosas existentes como objetos reales, a los que trato de captar de una manera libremente especulativa”. (NAGEL, 1981)



### 7.2.15 Tan sólo una ilusión

Ilya Prigogine, Premio Nobel de Química en 1977, consiguió, con sus excelentes trabajos sobre física y la termodinámica de los procesos irreversibles alejados del equilibrio, no sólo profundizar en estos campos hasta niveles anteriormente desconocidos sino que su “aplicación” en la vida y en la cultura tuvieron grandes consecuencias en otros dominios del pensamiento. Se presenta un resumen de sus ideas, basado en el libro *¿Tan sólo una Ilusión? Una exploración del caos al orden*. Es una recapitulación de J. Wagensberg, sobre ensayos realizados por Prigogine entre 1972 y 1982. (PRIGOGINE, 1997)

Prigogine, en *Tan sólo una ilusión*, se plantea cuál es el significado de la realidad. Para el ser humano, tiempo y existencia y, en consecuencia, realidad, parecen ser conceptos indisolubles ¿lo son realmente? A la cuestión de Besso ¿qué es el tiempo, qué es la irreversibilidad? Einstein contesta, la irreversibilidad es una *ilusión*, una impresión subjetiva. Al morir Besso, Einstein escribió:

«Michele se me ha adelantado en dejar este extraño mundo. Es algo sin importancia. Para nosotros, físicos convencidos, la distinción entre pasado, presente y futuro es solo una ilusión, por persistente que ésta sea.» (PRIGOGINE, 1997)

Prigogine matiza: *«Sólo una ilusión»*. Einstein reiteró lo que Giordano Bruno escribió en el siglo XIV y que sería el credo de la ciencia: «El universo es, por lo tanto, uno, infinito e inmóvil». Esta concepción dominó el pensamiento científico de Occidente y generó la visión mecanicista del mundo. Prigogine pregunta, ¿cómo entender esa naturaleza sin tiempo que excluye al hombre de la realidad? Recuerda a Valéry:

«El determinismo -sutil antropomorfismo - dice que todo sucede como en una máquina, tal como yo la concibo. Pero toda ley mecánica es, en el fondo, irracional, experimental (...) *El significado del término determinismo es tan vago como el de la palabra libertad* (...) *El determinismo riguroso es profundamente deísta. Ya que haría falta un dios para percibir esa absoluta concatenación infinita*. Hay que imaginar a un dios, un cerebro de dios para imaginar tal lógica. Es un punto de vista divino. De manera que al dios atrincherado en la creación del universo lo restablece la comprensión de ese universo. Se quiera o no, el pensamiento determinista contiene necesariamente a un dios -y es una cruel ironía». (PRIGOGINE, 1997)

Prigogine indica que el determinismo sólo es concebible para un observador situado fuera del mundo, cuando lo que el hombre describe es el mundo desde dentro. ¿Se debe realmente elegir entre la realidad atemporal, que conduce a la alienación humana, y a la afirmación del tiempo, que desafía la racionalidad científica? Prigogine recuerda que casi toda la filosofía desde Kant a Whitehead intenta superar el imperativo de esta elección. Es una de las raíces de la dicotomía de “las dos culturas”. Existe una oposición entre la razón clásica, atemporal, y la existencia. Cada vez se es más consciente de que la ciencia redescubre el tiempo. El ser humano se encuentra en una reconceptualización de la física. Se abre un nuevo diálogo entre el hombre y la naturaleza. Prigogine continúa diciendo que se avecina una ola de cambios. Considera que del siglo XIX, el siglo del evolucionismo, provienen dos contradicciones básicas. La concepción darwiniana combina dos elementos: la idea de *fluctuaciones*, o azar, y la idea de evolución, de *irreversibilidad*. De esta asociación resulta una evolución con complejidad creciente y autoorganización. La exposición darwiniana es contraria del significado de la ley de aumento de entropía. Hay una diferencia entre procesos reversibles e irreversibles. Los procesos reversibles ignoran una dirección privilegiada del tiempo. Los procesos irreversibles implican una flecha temporal. La química se basa en procesos irreversibles. La segunda ley postula la existencia de una función, la entropía (en griego significa evolución) que, en un sistema aislado, sólo aumenta debido a los procesos irreversibles, alcanzando un valor máximo cuando se llega al equilibrio y cesa el proceso irreversible. (PRIGOGINE, 1997)

Recuerda que Boltzmann hizo la primera interpretación microscópica del aumento de entropía. Estudió la teoría cinética de los gases, convencido de que el mecanismo de cambio, de «*evolución*», se describía en términos de colisión molecular. Concluyó que la entropía  $S$  está relacionada con la *probabilidad P*, según la fórmula:  $S = k \ln P$ . Igual que para Darwin, evolución, azar y probabilidad, están relacionados. El resultado de Boltzmann es distinto al de Darwin, e incluso contradictorio. La probabilidad alcanza el máximo en la uniformidad. La aproximación al equilibrio corresponde a la destrucción de condiciones iniciales, al olvido de las estructuras primitivas; contrariamente a la evolución de Darwin donde se crean nuevas estructuras. ¿Cómo pueden tener razón a la vez Boltzmann y Darwin? ¿Cómo se puede describir a la vez la destrucción de estructuras y los procesos de autoorganización? Ambos procesos contienen elementos comunes: la idea de probabilidad y de irreversibilidad. (PRIGOGINE, 1997)

Prigogine recuerda otra problemática. La mecánica clásica estudia el movimiento, la *descripción de trayectorias*. Una de las propiedades de la dinámica es *su carácter reversible y determinista*. Dadas las condiciones iniciales se puede predecir la trayectoria. La dirección del tiempo no desempeña papel alguno. Predicción y retropredicción son idénticas. A nivel dinámico no hay lugar para el azar ni la irreversibilidad. El universo aparece como un vasto autómatas. Prigogine recuerda que en *The ambidextrous Universe*, Martin Gardner dice que la segunda ley hace improbables ciertos procesos, pero no imposibles. La segunda ley se referiría a una dificultad sin fundamento profundo. En *El azar y la necesidad*, Jacques Monod expone que la vida es un accidente de la naturaleza. Sería un tipo de fluctuación capaz de mantenerse. (PRIGOGINE, 1997) (MONOD, 1993)

Para Prigogine, el universo posee un carácter plural y complejo. Desaparecen estructuras pero aparecen otras. Algunos fenómenos están descritos por ecuaciones deterministas, pero otros, como la evolución biológica, implican procesos estocásticos. Incluso un científico convencido de las descripciones deterministas dudaría en inferir que, desde la Gran Explosión cósmica, estaba ya determinado el atentado del 11 de Septiembre en New York. ¿Cómo superar la aparente contradicción entre estos conceptos? Prigogine indica que:

“Se empieza a ver que la irreversibilidad, la vida, están contenidas en las leyes básicas. En la física clásica los procesos eran deterministas y reversibles. Los procesos con azar o irreversibilidad eran excepciones. Hoy, se ve el papel de los procesos irreversibles, de las fluctuaciones. Los modelos de la física clásica parecen corresponder a situaciones límite. Lo *artificial* es determinista y reversible. Lo *natural* contiene azar e irreversibilidad. Esto lleva a una nueva visión de la materia asociada con actividad espontánea. Se habla de un *nuevo diálogo del hombre con la naturaleza*”. (PRIGOGINE, 1997)

Expone una paradoja: se buscaban esquemas globales, simetrías, leyes inmutables y se ha descubierto lo mutable, lo temporal, lo complejo. Posiblemente el concepto de evolución es aplicable al mundo globalmente. La radiación residual muestra una evolución en el universo. ¿Cómo puede todavía hablarse de leyes inmutables, eternas? Actualmente se encuentran transiciones del caos al orden, procesos que implican la *autoorganización* de materia. El conocimiento actual de la naturaleza permite la inserción de la *vida en la materia y del hombre en la vida*. (PRIGOGINE, 1997)

¿Cómo describir el origen de estructuras, de la autoorganización? Prigogine ha tratado ampliamente este problema en varias de sus publicaciones (en *Self-Organization in nonequilibrium Systems* y en *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations*). Un sistema físico puede estar en: equilibrio, no-equilibrio y alejado del equilibrio. En un sistema próximo al equilibrio las estructuras se destruyen. Si se perturba del equilibrio, éste responde restableciendo su condición inicial; es estable. Desarrolla mecanismo que lo hacen *immune a perturbaciones*. Estas propiedades no se aplican en condiciones alejadas del equilibrio. Las palabras clave son “*no linealidad*”, “*inestabilidad*” y “*bifurcaciones*”. Al alejarse del equilibrio aparecen las bifurcaciones, causantes de producir comportamientos distintos de la materia. (PRIGOGINE, 1997)

Pone el ejemplo de los relojes químicos, con dos clases de moléculas: las A, de color rojo, y las B, de color azul. Al mezclarlas lo lógico sería obtener un color uniforme. Esto no es lo que sucede con productos químicos idóneos en condiciones alejadas del equilibrio, sino que todo el sistema se vuelve rojo, luego azul y de nuevo rojo. Esto demuestra que las moléculas se comunican a grandes distancias y en tiempos macroscópicos. Cuentan con medios para señalarse recíprocamente su estado y reaccionar al unísono. Es sorprendente. Siempre se había pensado que las moléculas interactuaban únicamente al estar sometidas a fuerzas de corto alcance y sólo entre moléculas vecinas. En este caso, por el contrario, el sistema actúa como un todo. Matiza que es importante la *ruptura de la simetría* asociada a determinadas bifurcaciones. Indica que las ecuaciones de reacción y difusión son simétricas, pero, tras la bifurcación, se encuentran soluciones distintas, no simétricas. Pasteur llegó incluso a ver en la ruptura de simetría la auténtica característica de la vida. (PRIGOGINE, 1997)

Para Prigogine, la aparición de bifurcaciones en condiciones alejadas del equilibrio conduce a un elemento azaroso estocástico irreductible a nivel macroscópico. Las teorías deterministas no sirven para predecir en el punto de bifurcación qué rama será elegida. Se tiene aquí un ejemplo del papel esencial de las *probabilidades*. Prigogine recuerda que, en mecánica cuántica, las probabilidades desempeñan un papel esencial, tal y como lo refleja la famosa relación de Heisenberg. Muestra como evidente la relación existente entre el papel de las fluctuaciones y la teoría darwiniana del origen de las especies. La vida no parece un fenómeno aislado, está arraigada en las leyes básicas de la naturaleza. (PRIGOGINE, 1997)

Prigogine aborda el segundo problema, según él más difícil. La segunda ley de la termodinámica pertenece a la física macroscópica, pero su significado presenta aspectos comunes con las teorías microscópicas, como la teoría cuántica, y la de la relatividad. Según la segunda ley no se pueden realizar cierta clase de experimentos. Pero, ¿cómo entender la irreversibilidad? Prigogine señala que la irreversibilidad no es universal. La irreversibilidad no es una propiedad de *todos* los sistemas dinámicos. Considera que el punto principal es el descubrimiento de sistemas dinámicos altamente inestables. En ellos, las trayectorias que se inician en dos puntos tan próximos como se deseen, divergen de forma exponencial con el tiempo. Pierde sentido el concepto de trayectoria. A pesar del hecho de trabajar con ecuaciones deterministas, las soluciones son “caóticas”: “*caos determinista*”. Recuerda que lo cierto y curioso es que en el núcleo de la dinámica aparecen elementos probabilísticos. Tales sistemas son de “*azar intrínseco*”, pues su comportamiento es tan estocástico que puede trazarse dentro de un proceso probabilístico en el que se alcanza el equilibrio para  $t \rightarrow \pm \infty$  (futuro o pasado lejano). Tiene sentido hablar de probabilidades incluso en la mecánica, pero sólo para sistemas donde el concepto de trayectoria pierde sentido. Prigogine expone cómo pasar de azar intrínseco a sistemas intrínsecamente irreversibles. (PRIGOGINE, 1997)

Para Prigogine la irreversibilidad es una propiedad aún mayor del azar; es natural. Se plantea ¿qué puede significar irreversibilidad dentro de un concepto determinista del universo en el que mañana ya está potencialmente en el hoy?. La irreversibilidad presupone un universo con *limitaciones en la predicción* del futuro. El mundo parece pertenecer a esos complejos sistemas de azar intrínseco para los que la irreversibilidad es significativa, y es a esta categoría de sistemas con ruptura de simetrías temporales a la que pertenecen todos los fenómenos vitales y, por consiguiente, la existencia humana. Si se considera la segunda ley con su interpretación probabilística, se asocia el equilibrio a la máxima probabilidad. La máxima probabilidad significa movimiento incoordinado, caótico. ¿Cuál es el efecto del no-equilibrio? Responde que crear correlaciones entre esas unidades, crear orden en el estado de equilibrio. Esta descripción de la naturaleza, en la que el orden se genera a partir del caos, a través de condiciones de no-equilibrio, lleva a una física similar al mundo de “procesos” imaginado por Whitehead, lleva a concebir la materia como algo activo, un estado continuo del devenir. (PRIGOGINE, 1997)

Para Prigogine, el azar, las fluctuaciones y la irreversibilidad son fundamentales para intentar unificar la dinámica con la termodinámica. Se asombra de la gran diversidad de estructuras de no-equilibrio descubiertas. El aspecto más inesperado es que aparece la coherencia a partir del caos: un mundo en equilibrio sería caótico, el mundo de no-equilibrio alcanza un grado de coherencia sorprendente. (PRIGOGINE, 1997)

Prigogine muestra que el tiempo, en el sentido de irreversibilidad, está relacionado con el azar. Desde el descubrimiento de la mecánica cuántica, donde la probabilidad tiene un papel esencial, el significado de azar ha suscitado numerosas controversias. Parece que los esquemas deterministas no son válidos en una gama de fenómenos. Los límites del determinismo, del azar y de la irreversibilidad y la noción de realidad están estrechamente vinculados. En un universo en el que el mañana no está contenido en el hoy, el tiempo debe construirse. La frase de Valery: *‘Durée est construction, vie est construction’*, expresa la construcción del futuro. Con esta conclusión, el problema de los valores humanos, de la ética, del arte incluso, cobra nueva dimensión. (PRIGOGINE, 1997)

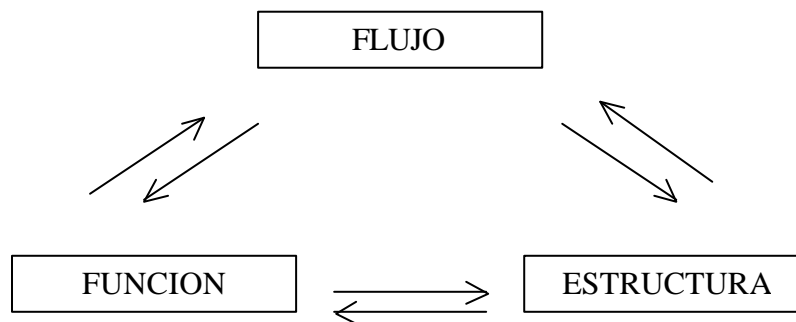
El siguiente artículo, titulado *La lectura de lo complejo*, es una comunicación presentada en la sesión de la Academia Europea de Ciencias, Artes y Letras, en 1982. Prigogine indica que la época actual se caracteriza por una diversificación de conocimientos, técnicas y modalidades de pensamiento. Se vive un mundo único en el que cada ámbito de actividad implica a los demás; por ello, indica que es esencial esclarecer ciertas concomitancias. Un posible punto de partida es la convicción de que todo saber conlleva una construcción. La realidad no se considera como algo dado. En las ciencias físicas es patente la evolución del concepto de la relación con lo real. Durante varios siglos, la idea de simplicidad, la búsqueda de un universo fundamental y estable, ha predominado en las ciencias naturales. La naturaleza no admite este paradigma clásico. Las ciencias físicas se encuentran en una reconceptualización que desmorona los conceptos a veces simplistas con los que se pretendía describir las sociedades humanas. Reconocer la complejidad, hallar los instrumentos para describirla y efectuar una relectura dentro de este nuevo contexto de las relaciones cambiantes del hombre con la naturaleza son los problemas cruciales de época actual. Los modelos para el estudio del mundo natural deben presentar un carácter pluralista que refleje la variedad de fenómenos observados. (PRIGOGINE, 1997)

Para Prigogine, tradicionalmente, los fenómenos se clasifican en reversibles o irreversibles, y deterministas o aleatorios. Es difícil aceptar una visión del mundo que excluye una categoría de fenómenos a favor de otra. Es difícil creer que la evolución biológica estuviera programada desde los primeros segundos de existencia del universo. Para la física clásica, los sistemas reversibles y deterministas constituían el modelo conceptual por excelencia. El triunfo de la concepción newtoniana orientó la evolución de la visión científica: lo casual y lo irreversible se admitían como casos excepcionales, casi a modo de artefactos introducidos por el ser humano en una naturaleza simple, reversible y determinista. Las partículas elementales resultan ser inestables. La cosmología contemporánea sitúa a las personas frente a una historia del universo, y un subsiguiente despliegue de estructuras, cada vez más complejas. (PRIGOGINE, 1997)

Los fenómenos microscópicos tradicionales y en particular los que se estudian en química, biología e hidrodinámica, han cambiado de imagen. Por todas partes se descubre lo casual y lo irreversible. Los procesos reversibles y deterministas que constituían la descriptiva clásica se evidencian como idealizaciones desmesuradas y artificiosas. Hay una inversión de perspectivas: lo legal y lo reversible son, hoy en día, la excepción. Hay un progresivo deterioro de las posiciones epistemológicas. Según la concepción clásica, el hombre era un ser todopoderoso, dueño, en principio, de un universo controlable hasta en sus más mínimos detalles. En las concepciones actuales, lo casual y lo irreversible desempeñan un papel a todos los niveles. Se descubre una jerarquía de propiedades: inestabilidad que conduce a un comportamiento nuevo que hace que las propiedades del sistema puedan describirse en términos de proceso aleatorio y de ruptura de simetría. (PRIGOGINE, 1997)

El mundo físico, tal como se conoce actualmente, es menos manipulable de lo que preveía su lectura clásica. Sucede igual con las sociedades humanas. En cualquier modelo en el que se trate de evitar la descriptiva estricta y que finalmente desemboque en la represión para mantener las condiciones establecidas, deben necesariamente tenerse en cuenta las fluctuaciones y las posibilidades de autoorganización. (PRIGOGINE, 1997)

Para Prigogine, el no-equilibrio es fuente de orden, de coherencia; entre las unidades surgen correlaciones. El no-equilibrio como origen de orden se presenta como uno de los principios más generales que puede formularse actualmente. Concebido como la entropía máxima accesible a un sistema dado, el equilibrio se convierte en sinónimo de desorden, de caos. Es el no-equilibrio el origen de toda coherencia, y esto parece ser cierto a todos los niveles actuales de descripción accesibles. El cambio de perspectiva obliga a utilizar una serie de nuevos conceptos: bifurcaciones, no-linealidad, fluctuaciones. Si se examina el trinomio flujo/función/estructura. (PRIGOGINE, 1997)



**Figura 7.2.5.7-1. Sistema: Estructura-Función-Flujo**

Según Prigogine, un sistema está constituido por una estructura con una serie de funciones, las cuales, generan interacciones con el entorno, mediante flujos de “intercambios” (interiores o exteriores). Los tres retroactúan entre sí provocando alteraciones en cualquiera de ellos. Es la imagen de un sistema “vivo”. Hay sociedades en las que parece su comportamiento parece un “reloj”. Se han realizado estudios sobre el comportamiento aparentemente “determinista” de las hormigas. Demuestran que la parte del azar en el comportamiento de los insectos sociales, es más importante de lo que se creía. Sus estrategias de caza y recolección son de enorme variabilidad, intervienen distintas modalidades de lo aleatorio. El índice de error admitido en estos comportamientos constituye “la imaginación de la colonia” y mantiene un flujo de innovaciones exploratorias, amplificado por el sistema de comunicación. Azar y necesidad cooperan a nivel de estas sociedades tan simples. La imagen del reloj dista mucho de agotar las complejas relaciones entre las sociedades de insectos y su entorno. El trinomio flujo/función/estructura implica una retroalimentación (*feedback*) evolutiva: pueden surgir nuevas estructuras que, a su vez, modifiquen el flujo, lo que a su vez, posibilitaría la emergencia de nuevas estructuras. (PRIGOGINE, 1997)



El siguiente artículo de Prigogine se titula *Naturaleza y creatividad*. Para él, la creatividad ocupa, en el pensamiento contemporáneo, un lugar ambiguo: reivindicaciones, rechazos, temores y utopías la convierten en un mito de la época actual. La naturaleza descrita por la física clásica no concibe la posibilidad de que algo nuevo se produzca: “Todo está dado”. Una ciencia que dé sentido a la noción de creatividad e innovación no puede ser más que una ciencia distinta a la clásica, de la que Meyerson hizo tan fiel descripción mostrándola únicamente satisfecha cuando había logrado reducir un cambio, una novedad, a simple apariencia, retrayéndola a la identidad de un nivel más fundamental. La ciencia actual, que explora el medio al que pertenece, está ligada a un rechazo de estos modelos ideales de explicación. Esta ciencia es consecuencia de la imposibilidad de describir este mundo, en el que explotan supernovas, nacen y mueren partículas elementales, como un mundo estático. El mundo es un mundo de cambios, de intercambios y de innovación. Es necesaria una teoría de los procesos, de los tiempos de vida, de los principios y de los fines; una teoría de diversidad cualitativa, de la aparición de lo cualitativamente nuevo. Para entender su vinculación a esa ciencia que implicaba la soledad del hombre en un universo muerto, Prigogine examina la situación histórica de donde se cree procede el concepto moderno de creatividad. Intenta mostrar cómo este concepto se sitúa dentro de la ciencia de los procesos. (PRIGOGINE, 1997)

El siglo XVIII descubrió el cuerpo organizado, donde lo vivo es como un reloj. El siglo XIX descubre el *organismo*. La organización de relojería se sustituye por una naturaleza espontánea, creadora de formas, artística. “La vida es invención”. La inteligencia fragmenta, aísla, inmoviliza, disocia en elementos manipulables y calculables. La inteligencia no puede comprender la vida, la biología tan sólo puede caricaturizarla; únicamente la intuición puede entenderla, según H. Bergson, “visión directa del espíritu por el espíritu”. (PRIGOGINE, 1997)

Según Prigogine, las nuevas teorías matemáticas, “*teoría de las bifurcaciones*”, “*teoría de la estabilidad estructural*”, abordando ámbitos que eran mutilados por las descripciones simplificadoras de la física. Prigogine concibe el reto intelectual y emotivo de esta afirmación: se pueden matematizar las condiciones de innovación, modelizar de algún modo los factores que hacen posible la creatividad. (PRIGOGINE, 1997)

No se pretende modelizar la actividad creadora. Precisamente porque la creación ya no parece el máximo atributo del hombre, sino una dimensión de la propia naturaleza. Puede creerse que la actividad humana más abstracta, más intelectual, no es inseparable, ni esencialmente distinta, de las actividades que algún día puedan modelizarse. Tiempo y creatividad están vinculados; sólo una teoría para la que el tiempo no sea algo más que un parámetro puede cubrir una noción de la creatividad. (PRIGOGINE, 1997)

Según Prigogine, el interrogante que la termodinámica de los procesos irreversibles se plantea es: ¿en qué condiciones aparecen estructuras, se desarrollan, desaparecen? La clave estriba en el equilibrio que es origen de orden. En los sistemas en que se producen intercambios de energía y de materia con el medio, el equilibrio no es posible, por darse procesos disipativos que continuamente producen entropía. A partir de cierta intensidad de los procesos disipativos, el segundo principio ya no sirve para garantizar la estabilidad del estado estacionario. Al contrario, se puede definir un “umbral”, una distancia crítica respecto al equilibrio, a partir de la cual el sistema es inestable, a partir de la cual una fluctuación puede eventualmente no remitir, sino aumentar. Se denomina “*orden por fluctuaciones*” al orden generado por el estado de no-equilibrio. Cuando una fluctuación aumenta, más allá del umbral crítico de estabilidad, el sistema experimenta una transformación profunda, adopta un modo de funcionamiento distinto, estructurado en el tiempo y en el espacio, funcionalmente organizado. Lo que surge es un proceso de auto-organización, una “*estructura disipativa*”. La estructura disipativa es la fluctuación amplificada, gigante, estabilizada por las interacciones con el medio. Contrariamente a las estructuras en equilibrio, la estructura disipativa se mantiene por existir un flujo de energía y de materia, por ser la sede de procesos disipativos permanentes. (PRIGOGINE, 1997)

Por primera vez, una teoría física describe un acontecimiento que responde a las exigencias de una *teoría de la creatividad*. Se cumplen las condiciones mínimas para afirmar que la termodinámica describe la génesis de estructuras disipativas; parece que el objeto de la física ya no es distinto al de las ciencias humanas y que es posible un intercambio entre estas disciplinas. Así, en el estudio de las propiedades de estabilidad de los sistemas termodinámicos, la física puede inspirarse en conceptos y métodos de las ciencias humanas, del mismo modo que éstas, en los modelos y en las matemáticas que comienzan a ponerse a punto. (PRIGOGINE, 1997)

Lejos del equilibrio, la actividad de las unidades constitutivas del sistema se hace esencial. Para unas condiciones, el sistema puede hallarse en muchos estados distintos, y es la fluctuación la que selecciona el que se alcanzará en definitiva. Prigogine reproduce las palabras de G. Deleuze: “Es necesario que el Todo *cree* las líneas divergentes a partir de las cuales se actualiza y los medios disímiles que utiliza en cada línea. Hay finalidad porque la vida no opera sin dirección, pero no hay “meta” por que estas direcciones no están de antemano previstas y se van creando “conforme” el acto las recorre.” La conclusión que extrae Prigogine es la de que, mientras que, en estados próximos al equilibrio, la desorganización y la inercia son normales, más allá del umbral de inestabilidad la norma es la autoorganización, la aparición espontánea de una actividad diferenciada en el tiempo y en el espacio. Las formas de esta organización disipativa son muy diversas. (PRIGOGINE, 1997)

El estudio de la *estabilidad estructural* plantea cuestiones esenciales referentes a los mecanismos de evolución y de diferenciación de un ecosistema o población. En la dinámica de una población de presas y depredadores, la aparición de una presa más hábil en la fuga o de un depredador más eficaz en la captura, constituyen factores de inestabilidad estructural. Desarrollos de la teoría de la estabilidad estructural establecen que el problema de la creatividad presenta dos dimensiones: la actividad de los individuos innovadores y la respuesta del medio. La innovación es una fluctuación aceptada por el medio y no sería posible en un universo excesivamente coherente en el que ninguna fluctuación perturbase la tranquila identidad, ni en un universo incoherente en el que pudiera producirse cualquier cosa. (PRIGOGINE, 1997)

Aún se sabe poco sobre los mecanismos de ampliación de las fluctuaciones, pero se conocen ciertos resultados generales relativos a los parámetros que determinan el fenómeno. Lejos del equilibrio, la ley de las fluctuaciones depende de la dimensión de la zona fluctuante; se puede concebir la amplificación en relación con un mecanismo de nucleación. Dentro de la zona fluctuante, los procesos disipativos refuerzan la fluctuación, pero los intercambios con el medio la amortiguan; es la competencia entre estos dos factores lo que determina el destino de la fluctuación: la invasión a todo el sistema, o su desaparición. Sólo a partir de una dimensión crítica puede la fluctuación resistir y desarrollarse. (PRIGOGINE, 1997)

El medio externo intenta eliminar la novedad que lo perturba. Esta novedad sólo puede desarrollarse en la medida en que el mundo externo pierda importancia. Y, sin embargo, esta zona fluctuante, innovadora, no está aislada como el resto de la estructura disipativa; únicamente vive merced a los intercambios con el medio que pone en peligro. En esto, se encuentra de nuevo esa *evolución mediante conflictos*, esa lucha a muerte entre una sociedad constituida y los que aportan la novedad, diferencia y muerte. La fluctuación que se amplifica constituye el establecimiento de una unidad de régimen en armonía con el medio, pero significa también la muerte y la destrucción del sistema que invade, que domina y el cual trata en vano de reducirla. (PRIGOGINE, 1997)

Para Prigogine, el análisis del mecanismo de nucleación ayuda a aclarar una de las cuestiones que preocupa a la ecología matemática: el *límite de la complejidad*. El estudio matemático de la estabilidad de los sistemas muestra que ésta decrece al aumentar el número de interacciones entre constituyentes. Según esto, todo sistema complejo debería desaparecer, con lo que la existencia de medios ecológicos complejos como la jungla virgen, los biosistemas o las sociedades humanas, parecen incomprensibles. Ahora se entiende por qué no es contradictorio que estos sistemas sean inestables y sigan existiendo. Basta que los intercambios entre todas las partes sean lo suficiente rápidos para que la dimensión crítica, a partir de la cual la fluctuación puede amplificarse y destruir el sistema, sea enorme. Esto hace que su posibilidad es muy reducida, permitiendo que el sistema persista durante tiempos prolongados. En este sentido, parece que ninguno de los sistemas que conocidos es realmente estable, sino metaestable, y vive debido a que pocas perturbaciones son capaces de superar su *“poder de integración”*. Se llega así, a la idea de sistemas en *evolución indefinida*, al concepto de que ningún sistema complejo es jamás estructuralmente estable. La innovación hace más complejo el medio en que se produce, planteando problemas inauditos, creando nuevas posibilidades de inestabilidad y conmoción. (PRIGOGINE, 1997)

El siguiente ensayo de Prigogine lleva por título *Neptunianos y vulcanianos*. Se cuestiona si cualquier objeto puede asimilarse a un conjunto de elementos en interacción. Intenta buscar un terreno común a las ciencias naturales y las ciencias humanas. Procede pensar en una *teoría general de sistemas*. Si se buscan situaciones de la biología o de la sociología en las que aplicar nuevos métodos de análisis, se ve que presentan ciertas características generales comunes (PRIGOGINE, 1997):

- Son situaciones caracterizadas por un comportamiento coherente. Los sistemas están formados por gran número de unidades. Comportamiento coherente significa que ciertas actividades características requieren la *cooperación* de estas unidades.
- Los límites del sistema desempeñan un papel importante. Son *sistemas abiertos*: intercambian energía, materia e información con el mundo externo.
- El intercambio temporal cobra nuevos aspectos. El sistema cambia dado que algunos constituyentes se renuevan; pero existen *puntos singulares*, instantes privilegiados que marcan la aparición de una *nueva estructura espacio-temporal*.

Se puede resumir la diferencia entre estructura en equilibrio y estructura disipativa. Un cristal es una estructura en equilibrio. Una vez formada, no requiere para mantenerse flujo de energía procedente del mundo externo. Por el contrario, una estructura disipativa no puede existir al margen del mundo externo. Aislada del mundo, de los aportes permanentes de energía y materia que mantienen los procesos disipativos, desaparece, y el sistema alcanza el estado de equilibrio. (PRIGOGINE, 1997)

La sociedad funciona como un sistema lejos del equilibrio, más allá del umbral que define como insignificante la actividad de los elementos del sistema; el comportamiento del individuo puede transformar el funcionamiento global de la sociedad, no a causa de una ola de exigencia espiritualista, sino porque el régimen global se halla en un estado de inestabilidad estructural en relación con este tipo de comportamiento, más allá del umbral determinado y calculable con arreglo a modelos simples. La *imitación* aparece como el mecanismo tipo no lineal (de retroacción) para la propagación del comportamiento individual y su imposición a nivel de toda una sociedad. Prigogine muestra un ejemplo simple: la dinámica de compra. Supóngase que Ford y General Motors fabrican dos coches, semejantes en precio y calidad. Naturalmente, habrá personas que adopten una decisión por sí mismas, con arreglo a una modalidad de compra '*espontánea*', pero existe también una modalidad '*inducida*', sugerida por la interacción social. La compra inducida puede motivarse por medio de la publicidad, pero igualmente por imitación o contra-imitación. Existen aportaciones no lineales positivas y negativas en el proceso de compra. La mínima fluctuación es amplificada por las componentes no lineales, alcanzándose otro estado estacionario quizás muy alejado del estado estacionario simétrico. Una compañía puede arruinarse por efecto de esta no-linealidad imprevista que predomina en el proceso. (PRIGOGINE, 1997)

Prigogine indica que, aparte de la imitación, existe otro hecho social elemental: los inventores del futuro. Los fenómenos de imitación e innovación son indispensables para entender la aparición y propagación de comportamientos y técnicas nuevas promotoras de evolución social. El grupo es incapaz de innovar, sólo el individuo adopta un comportamiento nuevo, una necesidad nueva, una creencia nueva. Innovación e imitación son complementarias en el sentido que, más allá del umbral de inestabilidad, son complementarias la fluctuación y los mecanismos susceptibles de amplificarla y estabilizarla. (PRIGOGINE, 1997)

El estudio de la amplificación de las fluctuaciones más allá del umbral de estabilidad, permite postular la generalidad y la importancia del fenómeno de *nucleación*: la interacción del resto del sistema en la pequeña región en que se produce una fluctuación tiende a amortiguarla. La amplificación de la *innovación nucleada* depende de la región fluctuante. Sólo resisten a la difusión homogeneizante las fluctuaciones cuya dimensión excede a la *dimensión crítica*. Se puede establecer que cuanto mayor número de elementos haya en la interacción, mayores son las posibilidades de inestabilidad. Los nuevos conceptos en física, puestos a punto en los sistemas alejados del equilibrio, parecen susceptibles de extrapolación al ámbito de la sociología. (PRIGOGINE, 1997)

El siguiente ensayo de Prigogine fue una conferencia realizada en Nueva Delhi en 1981, de título *Tiempo, vida y entropía*. En él, Prigogine indica que existe un gran número de ejemplos de *autoorganización* en sistemas alejados del equilibrio. En este trabajo no entra en más detalles sobre autoorganización y su relación con los sistemas biológicos, pero se propone abordar un tema distinto. Prigogine indica que Jacques Monod ha calificado a los sistemas vivos como extraños, y, afirma, que ya son bastante peculiares por ser autónomos, aparte de su interacción activa con el medio. Confirma que uno de los objetivos finales de la actual reconceptualización de la física es entender la generación de la vida en el universo. Para Prigogine la irreversibilidad y el azar son ciertamente algo importante a tener en cuenta. Indica que la vida no es el resultado pasivo de la evolución cosmológica, ya que introduce un proceso de retroalimentación suplementario. La vida, resultado de procesos irreversibles, induce nuevos procesos irreversibles. La irreversibilidad genera irreversibilidad. Éste es el problema que se propone abordar. (PRIGOGINE, 1997)

En primer lugar, intenta aclarar que se entiende por *irreversibilidad*. Hay muchas “*flechas temporales*”. Sin embargo, para él, no es éste el sentido de la irreversibilidad termodinámica. En ella, el concepto de entropía desempeña un papel primordial. Se puede afirmar que la segunda ley limita la acción sobre la materia y los tipos de procesos observables: sólo permite procesos que producen aumento de la entropía. La pregunta fundamental que se plantea es: “¿Se puede extrapolar el concepto de entropía al mundo microscópico y atribuir un significado a los procesos irreversibles a nivel de la dinámica, ya sea clásica, ya sea cuántica?”. (PRIGOGINE, 1997)

Boltzmann demostró que la entropía se define en términos de la evolución de una población de moléculas. Prigogine indica que el propio Boltzmann estaba convencido de que su obra en física era paralela a la de Darwin en el campo de la biología. Para Prigogine la idea importante de la evolución biológica es que la selección natural no puede definirse para un solo individuo, sino para una población numerosa. Es, por lo tanto, un concepto estadístico. Boltzmann enunció su trascendental fórmula,  $S = k \log P$ , relacionando entropía con probabilidad. El aumento de entropía queda así descrito en términos de un proceso probabilístico que expresa que la probabilidad tiende a su valor máximo con el tiempo. Sin embargo, quedaban pendientes muchas cuestiones. Prigogine quiere poner de relieve dos puntos: en primer lugar, el fracaso de Boltzmann en definir una flecha del tiempo. Hay un segundo punto, relacionado con la limitación del experimento de Boltzmann en la dilución de gases. Al comprimir las moléculas de un gas, en condiciones adecuadas, se produce una cristalización, las partículas se ordenan. Desde el punto de vista dinámico, el sistema evoluciona hacia el orden, pero la segunda ley requiere una evolución hacia el desorden ¿Cómo se soluciona este enigma? Orden y desorden no son necesariamente conceptos mutuamente excluyentes. Corresponden a distintas descripciones. Muchos sistemas dinámicos pueden describirse en términos de “colisiones” y “correlaciones”. En sus primeros tiempos, el universo estaba desvinculado de la causalidad. Sólo podían verse elementos sin correlación. El paso del tiempo, en la interacción de estos elementos, introduce correlaciones suplementarias. La evolución del mundo físico empieza a interpretarse como una progresiva ampliación de correlaciones a través de la materia, que entra en contacto directo o indirecto, o a través de campos intermedios. (PRIGOGINE, 1997)

Prigogine continua indicando que de los estudios sobre sistemas complejos a una escala mucho más modesta, se ha sacado la impresión de que es difícil llegar a imaginar o enumerar todas las posibilidades que presentan los sistemas no lineales alejados del equilibrio. Esto resulta más evidente si se considera el universo como un todo con las sorprendentes no linealidades descritas por la ecuación de Einstein y con las enormes desviaciones del equilibrio que debieron predominar en su fase pretérita de formación. Por lo tanto, la historia no tiene final. (PRIGOGINE, 1997)

Según este enfoque, *son las interacciones las causantes de las correlaciones*. Sin interacciones entre las partes, éstas se encuentran aisladas entre sí, siendo independientes unas de otras. Al aumentar el número de interacciones entre ellas, empiezan los “conflictos” y se forman pequeñas nucleaciones de “coherencia”, que evolucionan según su tamaño, dentro del propio medio, que en este caso es el propio sistema. Así pues, la fuente de la novedad, innovación o creación, es la capacidad de generar interacciones. Se verá más adelante que este punto de aumento de interacciones entre las partes es considerado importante en la presente tesis. Se empleará extensivamente en las técnicas empleadas cuando se trata de construir sobre las ideas dadas por el resto de participantes de una sesión creativa, así como, cuando se intenta que los diferentes departamentos que colaboran conjuntamente para alcanzar una idea común.

El siguiente artículo de Prigogine lleva por título *Einstein: triunfos y conflictos*. ¿Cómo se explica esta fama extraordinaria? Indica que sólo la gloria de Darwin podría compararse a la de Einstein. (PRIGOGINE, 1997)

¿Qué es la ciencia? Para Prigogine la ciencia ayuda a organizar la experiencia. “La función biológica de la ciencia es dotar al individuo plenamente desarrollado de unos medios de orientación lo más perfectos posibles”. Fue el trabajo de Einstein sobre la relatividad, en 1905, el punto de partida de una nueva evidencia: la ciencia es algo más que una economía de pensamiento, puesto que lleva a resultados inesperados y abre el camino que conduce al descubrimiento de estructuras ocultas del universo físico. El asombro es esencial en la creatividad científica. Einstein centró su análisis en la revisión de los conceptos espacio y tiempo. (PRIGOGINE, 1997)



La velocidad de la luz en el vacío,  $c$ , aparece en la obra de Einstein no sólo como una constante universal, sino como la magnitud que limita la velocidad con que puede transmitirse cualquier información desde un punto a otro del espacio. Es la existencia de este límite lo que conduce a la transformación de la estructura espacio-tiempo y, finalmente, a un tiempo local correspondiente a cada observador particular. Prigogine se cuestiona: ¿Cómo interpretar de manera positivista, como simple economía de pensamiento, o mejora de las posibilidades de supervivencia, una ciencia que conduce a resultados que obligan a que se piense de forma nueva la naturaleza de nuestro alrededor? La relatividad general acentúa aún más esta dimensión antipositivista que Einstein confirió a la física. Indica que, como es sabido, la idea básica es que la materia crea una curvatura del espacio-tiempo. Einstein amplió la aplicación de esta teoría: el universo como objeto geométrico único. En cierto modo, Einstein es el Darwin de la física. Darwin enseñó que el hombre forma parte de la evolución biológica, y Einstein que pertenece a un universo en evolución. (PRIGOGINE, 1997)

En 1900, Max Planck introducía una nueva constante universal,  $h$ , en su trabajo sobre el equilibrio entre materia y luz. Einstein, por medio de los fotones, llegó a la conclusión de que la radiación electromagnética es de naturaleza ondulatoria y corpuscular. Esta comprobación marca la fecha de nacimiento de la segunda gran revolución de las ciencias físicas del siglo pasado: la *mecánica cuántica*. Esta dualidad onda/partícula ponía en duda el concepto de causalidad física. Una onda es de localización difusa ¿cómo asociarle posición y velocidad? Una famosa frase de Einstein a Bohr: “Usted cree en un Dios que juega a los dados, y yo en una ley y un orden completos en un mundo que existe objetivamente y que trato de representarme de un modo francamente especulativo.” (PRIGOGINE, 1997)

¿Qué es la irreversibilidad? En la carta a Michele Besso, Einstein responde que la irreversibilidad es una ilusión, una impresión suscitada por unas condiciones iniciales improbables. Para Einstein, no hay lugar para la contingencia ni para la libertad. Lo que parece contingencia, azar, es tan sólo una apariencia; sólo se cree que los actos son libres porque se ignora su verdadera causa. Puede decirse que Einstein pertenece a la tradición occidental que, desde Platón, no ha cesado de subrayar la diferencia entre el mundo sensible, de apariencias, y el mundo de lo inteligible. (PRIGOGINE, 1997)

Según Prigogine, cada vez se está más alejado de la concepción de causalidad del ideal clásico, con sus leyes deterministas que no distinguen entre pasado y futuro. Las leyes de Newton eran universales, porque no establecían distinción alguna entre lo lento y lo rápido, lo ligero y lo pesado, pero *c* permite distinguir entre lento y rápido, *h* entre pesado y ligero. En lugar de una estructura única para todos los objetos físicos, se halla una pluralidad de estructuras. Se abre, pues, un universo del que apenas se empiezan a entrever las estructuras. Se está descubriendo un nuevo mundo. Darwin hizo que el hombre comprendiera su solidaridad con la vida; con Einstein se empieza a entender una solidaridad con un cosmos. Tal vez la realidad sea más sutil y conlleve a la par leyes y juegos, tiempo y eternidad. El siglo XX ha sido, y el siglo XXI será, una época de exploración de nuevas formas en las artes –pintura, música, literatura– y en la ciencia. Se abre un nuevo diálogo entre el hombre y la naturaleza. (PRIGOGINE, 1997)

El siguiente artículo, *El orden a partir del caos*, fue resultado de una Conferencia dictada en la Stanford University. En la *Introducción* expone que es evidente que la relación entre orden y desorden es uno de esos interrogantes que cada generación se plantea y resuelve con arreglo a su vocabulario e intereses de su época. El orden es el resultado de un plan preconcebido. El problema de la diferencia entre desorden y orden presenta perspectivas inesperadas que dificultan su exacta formulación. En el universo se dan correlaciones entre estructura microscópica, definida por partículas elementales, y estructura macroscópica que es directamente aprehensible. No puede definirse al hombre en estado de aislamiento, puesto que su conducta depende de la estructura de la sociedad de que forma parte y viceversa. La construcción de un puente afecta la conducta de la gente que vive en las inmediaciones, y ello repercute a su vez sobre el desarrollo futuro del sistema de comunicación. Este mismo tipo de interacción, química o biológica, se da a todos los niveles de la evolución, pero sólo a nivel social se evidencia claramente esta interacción al concretarse en una escala cronológica, mucho más restringida que la escala del tiempo astronómica o biológica. Prigogine considera el problema del desorden y el orden en el plano de la *dialéctica entre unidades* (partículas, moléculas o insectos) y *estructuras globales* formadas por gran cantidad de estas unidades. Se constata una tendencia hacia lo múltiple, lo temporal, lo complejo. (PRIGOGINE, 1997)

Prigogine indica que las partículas elementales suelen ser inestables. Se han buscado esquemas generales a los que pudieran aplicarse definiciones axiomáticas inmutables y, lo único que se ha logrado ha sido encontrar tiempo, acontecimientos y fenómenos en evolución. Han cambiado tanto los conceptos que puede creerse perfectamente viable una nueva concepción de la historia de la ciencia. En lugar de la tradicional tríada Newton-Maxwell-Einstein, se puede describir la historia de la ciencia, paralelamente a la difusión del concepto tiempo, a partir de las humanidades, primero en biología y luego en física y química. Se ha dicho que se ha estado buscando constancia. Pero también se ha buscado simetría, y aquí también se produjeron sorpresas al ir descubriendo, a todos los niveles, procesos de ruptura de simetría. A cada partícula le corresponde una antipartícula. Quizá sea una característica natural el hecho de que la evolución tienda a destruir la simetría. Los conceptos de ley y “orden” no pueden ya considerarse inamovibles, y hay que investigar el mecanismo generador de leyes, de orden, a partir del desorden, del caos. Prigogine seguidamente desarrolla como ejemplo la formación de “estructuras disipativas” en condiciones muy alejadas del equilibrio, y en el que la estructura surge a partir del caos térmico, del azar molecular. Se verá como la irreversibilidad produce estructuras. Indica que cabría preguntarse cuál es el origen de la irreversibilidad. Intenta demostrar cómo la irreversibilidad, el tiempo unidireccional, surge a partir del caos de trayectorias dinámicas. Indica que éstas son cuestiones que trascienden el propio ámbito de la ciencia. (PRIGOGINE, 1997)

En el apartado denominado *Estructuras disipativas* expone que la segunda ley de la termodinámica muestra la diferencia entre procesos reversibles e irreversibles; introduce la entropía. La segunda ley de la termodinámica se ha asociado con la “destrucción” de estructuras. Indica que el razonamiento más reciente parte del hecho de que, en condiciones inestables, pueden surgir nuevas estructuras dinámicas, las “estructuras disipativas”. En situaciones alejadas del equilibrio, las fluctuaciones pueden aumentar e invadir todo el sistema, provocando nuevas estructuras espacio-temporales en el interior del sistema. Estas nuevas estructuras se originan en puntos de inestabilidad denominados puntos de bifurcación. La materia en equilibrio es ciega, mientras que la materia muy alejada de él detecta minúsculas diferencias, esenciales para la construcción de sistemas altamente coherentes y complejos. Corresponde a una compleja competitividad entre fluctuaciones, al “orden por fluctuaciones”. (PRIGOGINE, 1997)

En el apartado *La flecha del tiempo*, Prigogine indica que la estructura básica del tiempo se expresa con arreglo a la tríada: pasado, presente y futuro. El tiempo fluye unidireccionalmente desde el pasado hacia el futuro. La irreversibilidad podría fundamentarse en las leyes de la probabilidad. Ciertos acontecimientos son unidireccionales, no porque no puedan ir en otro sentido, sino porque es enormemente improbable que retrocedan. Actualmente se sabe que la dinámica es compatible con el azar intrínseco. No se vive en el mundo unitario de Parménides ni en el universo fragmentario de los atomistas. Es la coexistencia de los dos niveles de descripción lo que aboca a la conflictiva situación que se percibe en las ciencias. (PRIGOGINE, 1997)

En el siguiente trabajo, *Exploración del tiempo*, Prigogine indica que actualmente el interés se orienta hacia sistemas complejos, su dinámica y su evolución temporal. El estudio de los procesos irreversibles se efectúa en tres direcciones: 1) en la termodinámica fenomenológica que estudia ecuaciones macroscópicas en situaciones alejadas del equilibrio; 2) a nivel de las fluctuaciones, que estudia el desarrollo de pequeñas perturbaciones de origen interno o externo; y 3) a nivel “básico”, que intenta identificar mecanismos microscópicos de irreversibilidad. (PRIGOGINE, 1997)

A nivel termodinámico, la característica de mayor relieve es que fuera del equilibrio se originan nuevos estados de la materia, las “estructuras disipativas”, que presentan estructura y coherencia, y su mantenimiento implica una disipación de energía. La segunda ley postula la existencia de una entropía cuya evolución temporal se divide en dos fases: una, el flujo de entropía y la otra, la producción de entropía. La producción de entropía se debe a los procesos irreversibles producidos dentro del sistema. Se distinguen tres fases en el desarrollo de la termodinámica. Primero, la fase de equilibrio en la que tanto fuerzas como flujos desaparecen. A continuación, está el régimen de “cuasi” equilibrio, en el que los flujos son proporcionales a las fuerzas. La nueva característica es que, en la situación alejada del equilibrio, o tercera región, las fluctuaciones se amplifican y modifican el patrón microscópico del sistema. Hay dos conceptos fundamentales a considerar en las situaciones alejadas del equilibrio: las bifurcaciones y las fluctuaciones. La materia, alejada del equilibrio, adquiere nuevas propiedades, tales como “comunicación”, “percepción” y “memoria”, propiedades que hasta ahora sólo se atribuían a los seres vivos. (PRIGOGINE, 1997)

Para Prigogine la historia de la ciencia es en gran medida la historia del redescubrimiento del tiempo. Lejos queda la concepción de la realidad objetiva basada en leyes inmutables y universales. Ya no fascina la racionalidad que describe el universo y el saber como algo que se va haciendo. El futuro ya no está determinado; no está implícito en el presente. Esto significa el fin del ideal clásico de omnipotencia. El mundo de los procesos en que se vive y que forma parte de la propia persona ya no puede rechazarse como si lo constituyeran apariencias o ilusiones determinadas por el modo de observación. Este mundo, que ha renunciado a la seguridad de las reglas estables y permanentes, es un mundo de riesgo y aventura. (PRIGOGINE, 1997)

El siguiente trabajo, publicado en un libro de E. Laszlo y J. Biermann (*Goals in a Global Community*), ***La evolución de la complejidad y las leyes de la naturaleza***, en el apartado *Introducción*, Prigogine indica que las partículas elementales resultan de tan complejidad que el axioma “la simplicidad de lo microscópico” ha perdido sentido. En lugar de hallar estabilidad y armonía, se descubren procesos evolutivos, origen de diversificación y complejidad crecientes. El objetivo de la mecánica clásica ha experimentado una notable ampliación con la formulación de la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad. Sigue habiendo una laguna entre las consideraciones del ámbito de la dinámica y el tipo de problemas que atañen a la evolución, diversificación e innovación. En dinámica no se diferencia el futuro del pasado. La termodinámica del no-equilibrio facilita importantes conceptos para indagar los procesos de formación de nuevas estructuras. Los hallazgos en la teoría de las fluctuaciones proporcionan información sobre el modo en que la autoorganización puede producirse en sistemas fuera del equilibrio, generando un nuevo tipo de orden. Se ha descrito este orden como “orden por fluctuaciones”, en contraste con el orden de los sistemas en equilibrio. La irreversibilidad no está en contradicción con las leyes de la dinámica, sino que, al contrario, se deduce de las mismas, siempre que se alcance un grado suficiente de “complejidad”. En dinámica clásica este grado de complejidad surge ya con el problema de los tres cuerpos. Es importante señalar que la vida, con sus correspondientes aspectos biológicos y socio-culturales, ya no parece ser una excepción a las leyes de la naturaleza. (PRIGOGINE, 1997)

En el apartado *El principio de orden de Boltzmann*, Prigogine se sorprende de que la idea de evolución fue formulada casi simultáneamente en el siglo XIX tanto en física (Carnot, Clausius, Thomson), como en biología (Darwin) y en sociología (Spencer). En física, evolución e irreversibilidad quedaron asociados a “olvido de las condiciones iniciales” y a la disolución de estructuras, mientras que en biología y en sociología, se relacionaron con el inicio de una complejidad creciente. Boltzmann fue el primero en señalar que la entropía es una medida del desorden, de la desorganización. El “principio de orden de Boltzmann” muestra que los sistemas tienden hacia el estado más probable. Esto conlleva un aumento de entropía,  $S$ , en los sistemas aislados o a una disminución de la energía libre,  $F$ , en los sistemas cerrados. Sin embargo, incluso en la física clásica, se dan muchos fenómenos en los que el estado de no-equilibrio puede generar orden. Incluso en las células más sencillas, la función metabólica implica varios millares de reacciones químicas relacionadas, lo que requiere un refinado mecanismo de coordinación y regulación. Es necesaria una organización funcional sofisticada. Es evidente que semejante organización no es consecuencia de una evolución hacia el desorden molecular. El orden biológico es arquitectónico y funcional y, además, en el ámbito celular y supracelular, se manifiesta por una serie de estructuras y funciones acopladas de creciente complejidad y de carácter jerárquico. Esta noción es contraria al concepto de evolución descrita en los sistemas aislados y cerrados de la termodinámica. Mientras subsistan estas dificultades, los procesos “vitales” quedan en cierto sentido “expulsados de la naturaleza” y de las leyes físicas. Existe una notable diferencia entre la composición química de la célula y la de su entorno. (PRIGOGINE, 1997)

En el apartado *Estructuras disipativas*, indica que la conclusión es que la organización biológica y social implica un nuevo tipo de estructura de origen distinto, y que requiere una explicación distinta a la de las estructuras de equilibrio como los cristales. Una característica común a las estructuras sociales y biológicas es que nacen en sistemas abiertos y que su organización depende del intercambio de materia y energía con el medio ambiente. Esto sólo es posible si el sistema se mantiene “*muy lejos del equilibrio*” y si existen mecanismos “*no lineales*” que actúen entre los elementos del sistema. Un sistema abierto puede existir en tres regímenes diferentes: En equilibrio termodinámico, en un ligero desequilibrio (estado lineal de no-equilibrio) y lejos del equilibrio. Es en este tercer caso cuando aparecen espontáneamente nuevas estructuras y tipos de organización que se denominan “estructuras disipativas”. (PRIGOGINE, 1997)

Conforme el sistema se aleja del equilibrio, una solución simple se ramifica en varias soluciones y cada una de éstas vuelve a ramificarse, apartándose más de la situación de equilibrio. Estas ramificaciones se describen como “bifurcaciones” o “catástrofes”, y también se ha denominado “matemáticas del caos”. Una observación importante, al considerar las estructuras disipativas en biología y sociología, es que las ecuaciones que rigen el crecimiento, el declive y la interacción de las poblaciones biológicas y de los sistemas sociales son análogas a las de la cinética química. Ciertos organismos unicelulares existen en dos formas de organización: como individuos aislados o como agregados, con una diferenciación celular. Si se asciende en la escala de complejidad biológica, se llega a los insectos sociales. La característica común de todos estos ejemplos es que el sistema está formado por *subunidades en interacción*, y que los sistemas se hallan abiertos a un flujo de materia y energía. La *no-linealidad* de los mecanismos de interacción, en determinadas condiciones, da lugar a la formación espontánea de *estructuras coherentes*. (PRIGOGINE, 1997)

En el apartado *orden por fluctuaciones*, pone de manifiesto que para analizar los mecanismos de la autoorganización, se ha de introducir el concepto de estabilidad. La mayoría de sistemas están formados por subunidades; en ellos, cualquier estado experimenta siempre pequeñas perturbaciones locales debidas al movimiento aleatorio de las subunidades. El mecanismo molecular para verificar la inestabilidad son las fluctuaciones. El orden macroscópico que se origina tras una inestabilidad, está determinado por la fluctuación de más rápido desarrollo, el “orden por fluctuaciones”. La evolución de cada sistema se desglosa en dos fases. Primero, el régimen existente entre las inestabilidades determina el proceso. La segunda fase es el comportamiento próximo a la inestabilidad. Se trata de un fenómeno “estocástico” o “al azar”, ya que la evolución del sistema está determinada por la primera fluctuación que se produzca y que conduzca el sistema a un nuevo estado estable. Se tiene pues que las sociedades funcionan como una máquina, haciendo referencia a los periodos deterministas entre inestabilidades, o están regidas por “acontecimientos críticos” (“grandes hombres”), en momentos de inestabilidad. Lejos de contraponer “azar” y “necesidad”, se considera que ambos aspectos son esenciales en la descripción de sistemas no lineales inestables. (PRIGOGINE, 1997)

La situación es muy similar a la que se da en la teoría clásica de la nucleación de una gota líquida en un vapor sobresaturado. Por debajo de un volumen crítico (denominado “dimensión embrionaria”), una gota es inestable, mientras que, por encima de este volumen, aumenta y se transforma el vapor en líquido. Este efecto de nucleación se da también en la formación de cualquier estructura disipativa. Las fluctuaciones, su desarrollo o desaparición, desempeñan un importante papel en el tema de la existencia de un límite de complejidad. (PRIGOGINE, 1997)

En el apartado *La evolución de los ecosistemas* se inicia remarcando que como se ha señalado anteriormente, las ecuaciones que describen la variación de las poblaciones biológicas, como consecuencia del nacimiento, muerte e interacción con otras especies, son notablemente similares a las de la cinética química. En cualquier ecosistema real existe siempre un límite natural a su aumento, límite que puede relacionarse con la primera sustancia vital que escasea en el sistema. En las ecuaciones que describen los sistemas suele faltar la ecuación que describe la aparición de nuevas especies o tipos. Al principio, la nueva especie está representada por un reducido número de individuos. Su aparición corresponde, por tanto, a una “fluctuación”. (PRIGOGINE, 1997)

Ahora van a examinarse dos pasos sucesivos. Primero, la aparición de un mutante como resultado de cierto “accidente” o “acontecimiento de baja probabilidad”, que puede considerarse una fluctuación en marcha. El azar sigue siendo de suma importancia mientras sólo existan unos cuantos mutantes, ya que el cambio de su número en el tiempo, se regirá por la dinámica estocástica: el individuo que nazca, o vive o muere, ¡pero no puede hacer un poco de cada!. (PRIGOGINE, 1997)

Sin embargo, el segundo paso se inicia cuando un mutante logra multiplicarse lo bastante para constituir una “población” cuyo crecimiento o decadencia pueda describirse mediante una ecuación del “comportamiento medio” que se añada a las ecuaciones macroscópicas ya existentes. Se volverá a los dos aspectos que discutíamos anteriormente: la entrada en juego de “mutaciones” o “innovaciones”, regidas por el azar, y la respuesta determinista del sistema. La interpretación de los ecosistemas en términos de “diálogo” entre las fluctuaciones que desencadenan innovaciones y las respuestas deterministas de las especies interactuantes que ya existe en el ecosistema. (PRIGOGINE, 1997)



En términos generales, el darwinismo acepta un origen de fluctuaciones basado en la variación genética al azar, válido para aspectos de la evolución genética, mientras que el lamarckismo supone un mecanismo de “aprendizaje” para adaptarse al medio. La evolución sociocultural correspondería a esta segunda interpretación. Se ha dicho muchas veces que la “supervivencia del más apto” de Darwin es una tautología, no es cierto. No hay “fin” para la historia; cuando unas tendencias acaban, empiezan otras. La autoorganización en sistemas de no-equilibrio requiere de ambos aspectos – el determinista, según el cual las medias representan con exactitud el estado del sistema, y el estocástico, que cobra importancia en la proximidad a los puntos de bifurcación e inestabilidad. (PRIGOGINE, 1997)

En el último apartado, *Hitos de la evolución socio-cultural*, Prigogine indica que el efecto de una causa es inevitable, invariable e imprevisible. Pero la iniciativa que adopta cualquiera de las partes vivas en un encuentro, no es una causa: es un reto. Su consecuencia no es un efecto: es una respuesta. Reto y respuesta parecen causa y efecto en tanto que representan una secuencia de acontecimientos. A diferencia del efecto de una causa, la respuesta a un reto no está determinada y es intrínsecamente imprevisible. A partir de ahora, se verán “personas” allí donde, hasta ahora, se han visto “fuerzas”. Se puede creer que la interacción entre función  $\leftrightarrow$  estructura  $\leftrightarrow$  fluctuación es fundamental para entender las estructuras sociales y su evolución. (PRIGOGINE, 1997)

¿Existe un límite a la complejidad? Cuantos más elementos entran en una interacción, mayor es el grado de la ecuación secular que determina las frecuencias características del sistema, siendo mayores las posibilidades de obtener una raíz positiva y, por consiguiente, inestabilidad. Un sistema complejo se halla generalmente en estado metaestable. El valor del umbral de metaestabilidad depende de la competencia entre crecimiento y amortiguamiento a través de los “efectos de superficie”. La sociedad actual se caracteriza por un alto grado de complejidad y una rápida difusión de la información. Respecto a la estabilidad estructural hay que diferenciar entre cambios culturales cuantitativos y cualitativos, distinguiendo el desarrollo cultural del crecimiento cultural. El desarrollo cultural correspondería a inestabilidades en las que los efectos estocásticos desempeñan un papel fundamental, mientras que el crecimiento cultural corresponde a “desarrollos deterministas”. En el ámbito técnico, las características que se transmiten son las que representan una mejora de procedimiento.

Hay tres tipos de recursos naturales. Primero, aquellos cuyo empleo no influye en su disponibilidad futura (la energía solar), pero cuya intensidad puede fluctuar de manera controlada. Segundo, los recursos con posibilidad de regeneración a breve plazo, y en los que un uso restringido y un programa de reciclaje, puede servir para hacer un acopio inagotable (alimento, leña). El tercer tipo de recursos representa, a escala humana, un tiempo de regeneración infinito y sus reservas están en constante disminución (combustibles fósiles). El carácter múltiple de los recursos introduce una dualidad en las tendencias evolucionistas de un sistema. Se produce una selección de las innovaciones a corto plazo, en la que la opción se supedita al ambiente y a las reservas de recursos, pero también se produce una selección a largo plazo de sociedades capaces de sobrevivir a las modificaciones del entorno o de conservar las reservas de recursos. Incluso en las situaciones descritas anteriormente, puede hallarse la necesidad de incorporar el aspecto dual que desempeña en los sistemas humanos el “azar” y el “determinismo”. (PRIGOGINE, 1997)

Las ideas de Darwin pertenecen al mismo período de la economía del *laisse faire*, la doctrina de que, en libre competencia, el mejor siempre triunfa. Pero, si los procesos naturales de la evolución deben siempre conducir a la supervivencia del mejor, ¿por qué preocuparse?. El cambio no es algo que da la naturaleza, sino algo que las personas pueden decidir provocar en la naturaleza ¡y en ellas mismas! Uno de los principales objetivos de la ciencia moderna es comprender la dinámica del cambio.

Coincide con las ideas de Margalef, quien, al discutir lo que él denomina el “barroco del mundo natural”, señala que los ecosistemas contienen muchas más especies de las “necesarias” si la eficacia biológica fuera el único principio organizativo. En esta “sobre-creatividad” de la naturaleza, las “mutaciones” e “innovaciones” se producen de forma estocástica y se integran en el sistema en función de las relaciones deterministas predominantes en ese momento. Según esta perspectiva, existe una generación constante de “nuevos tipos” y “nuevas ideas” que van incorporándose a la estructura del sistema, causando su continua evolución. (PRIGOGINE, 1997)

En el último artículo, de título *La termodinámica de la vida*, Prigogine intenta mostrar cómo actualmente puede situarse mejor el orden biológico, precisando con mayor exactitud su dependencia respecto a las leyes de la física. Antes de discutir la relación entre biología y física, conviene trazar un breve compendio de las grandes leyes de organización y evolución de la física según el concepto moderno. (PRIGOGINE, 1997)

En el apartado *El segundo principio de la termodinámica, o principio de orden de Boltzmann*, indica que el segundo principio afirma que un sistema aislado evoluciona espontáneamente hacia un estado de equilibrio que corresponde a la entropía máxima, es decir, al mayor desorden. Un sistema macroscópico está acoplado a su entorno, al “mundo externo”, por fuerzas que actúan sobre sus puntos internos. Recuerda las diferencias entre sistema aislado (sin intercambios), sistema cerrado (intercambios energéticos) y sistema abierto el que puede intercambiar energía y materia con el mundo externo. (PRIGOGINE, 1997)

En el siguiente apartado, *El desorden molecular*, indica que el segundo principio introduce una nueva función del estado del sistema, la entropía, relacionada con los intercambios calóricos con el mundo externo. Contrariamente a la energía, la entropía no se conserva. Esta ley hace que pueda disponerse de un principio universal de evolución macroscópica. ¿Pero qué sentido tiene a nivel microscópico? La incógnita ha quedado ampliamente despejada con las investigaciones de Boltzmann: la entropía es una medida del “desorden molecular”. La ley de aumento de entropía es una ley de desorganización progresiva, de alejamiento de unas condiciones iniciales concretas. La fórmula de Boltzmann demuestra que el aumento de entropía expresa el desorden molecular medido en términos del número de complejiones  $P$ . Esta evolución borra el efecto de condiciones iniciales cuya simetría sería inferior a la del sistema.

El apartado *El orden biológico y la termodinámica*, lo inicia exponiendo que las estructuras biológicas altamente ordenadas ¿pueden describirse como estados regidos por el segundo principio de la termodinámica? Antes de responder a esta pregunta, establece los caracteres importantes de los sistemas vivos: éstos presentan un orden arquitectónico (estructuras moleculares) y un orden funcional (metabolismo) enormemente sofisticados. (PRIGOGINE, 1997)

Prigogine se cuestiona si, ¿podemos interpretar todas las estructuras, y especialmente las estructuras biológicas, en términos del principio de Boltzmann? Es el punto fundamental de la discusión. Es especialmente delicada la calificación tajante de orden biológico. Atribuye al término una definición intuitiva, basada en los caracteres comunes relevantes que se observan al estudiar los seres vivos (PRIGOGINE, 1997):

- ✓ Incluso en las células más sencillas, la actividad normal del metabolismo implica varios miles de reacciones químicas acopladas. De ello se deduce la imperiosa necesidad de que todos estos procesos respondan a una coordinación. Los mecanismos de coordinación constituyen un orden funcional extremadamente sofisticado.
- ✓ Además, las reacciones metabólicas requieren catalizadores específicos, las enzimas, que son macromoléculas con una organización espacial muy compleja.

El orden biológico es un orden arquitectónico y funcional. A nivel celular, se manifiesta por una serie de estructuras y de funciones acopladas de creciente complejidad. Un punto a considerar es la naturaleza de las fuerzas que actúan en el interior de la célula.

En el siguiente apartado, *Las estructuras disipativas: orden y fluctuaciones*, indica que, aunque contrariamente a la idea termodinámica de evolución, en biología y sociología este concepto va asociado a un crecimiento de la organización, a la formación de estructuras y funciones cada vez más complejas. Spencer llegó a hablar de “la inestabilidad de lo homogéneo” y de una fuerza creadora de organización. En efecto, la multiplicación de estructuras altamente ordenadas parece incompatible con el segundo principio de la termodinámica que postula, como se ha visto, la evolución de todo sistema macroscópico a condición de que haya un aumento de entropía, es decir, por degradación del orden que le caracteriza. Un sistema vivo es un sistema abierto. Un sistema abierto puede tender hacia un régimen constante distinto al de equilibrio. Mientras que un sistema aislado en equilibrio está asociado a estructuras “en equilibrio” –un cristal–, un sistema abierto “fuera del equilibrio” va asociado con estructuras disipativas. El principio de orden de Boltzmann ya no es aplicable. Las estructuras disipativas se asocian a un principio de orden distinto, el “orden mediante fluctuaciones” (PRIGOGINE, 1997)

En el apartado, *La inestabilidad de Benard*, Prigogine analiza el calentamiento de un estrato líquido por debajo. Para pequeños gradientes de temperaturas, el calor se difunde por conducción, pero, a partir de un gradiente crítico, se produce un transporte por convección. En una foto donde se vean las células de convección, se observará una disposición regular de las células hexagonales. Se tiene un fenómeno de estructuración correspondiente a un alto nivel de cooperatividad molecular. Las estructuras de este tipo generan y se mantienen merced a los intercambios de energía con el mundo externo, en condiciones de inestabilidad. Se denominan estructuras disipativas. Por encima de un gradiente crítico, las fluctuaciones se amplifican y originan una corriente macroscópica. Aparece un nuevo orden, correspondiente a una fluctuación gigante, estabilizada por los intercambios de energía con el mundo externo. Es el orden por fluctuación. (PRIGOGINE, 1997)

El apartado *Termodinámica generalizada* se inicia indicando que para explicar cómo se origina una estructura disipativa, hay que tener en cuenta las fluctuaciones capaces de generarla en una termodinámica de los fenómenos irreversibles. Estructuras disipativas espaciales o temporales aparecen cuando el medio externo mantiene un estado de inestabilidad tal que posibilita la amplificación de las fluctuaciones y conduce a estados macroscópicos más organizados. Puede señalarse que la diferenciación entre las estructuras y las funciones que caracterizan el orden biológico sugiere que el funcionamiento de los seres vivos se lleva a cabo en condiciones de desequilibrio. Es la termodinámica no lineal (para estados alejados del equilibrio, ya no existen leyes lineales entre corrientes y fuerzas que se desarrollan en el interior del sistema) la que rige los fenómenos observados. Mientras que, en el equilibrio termodinámico y para alejamientos leves del mismo (aproximación lineal), se observa una homogeneidad espacial y temporal, puede preverse, para tales sistemas y para alejamientos sucesivamente mayores del estado de equilibrio, un umbral de inestabilidad por encima del cual el sistema presenta un comportamiento periódico en el tiempo, una ruptura espontánea de la homogeneidad espacial, o fenómenos más complejos. Este comportamiento lejano al equilibrio no es universal. La aparición de comportamientos coherentes de este tipo exige condiciones particulares, mientras que, en proximidad al equilibrio, es el principio de Boltzmann el que siempre es válido. (PRIGOGINE, 1997)

En *La existencia de estructuras disipativas*, Prigogine indica que la aparición de estructuras disipativas en los sistemas no lineales y suficientemente apartados del equilibrio no sólo ha sido establecida por medio de simulaciones por ordenador en sistemas modélicos; recientemente se han llevado a cabo numerosos experimentos de laboratorio que demuestran la existencia de estas estructuras. (PRIGOGINE, 1997)

En *Estructuras disipativas en biología*, se cuestiona ¿Qué papel desempeñan las estructuras disipativas en el funcionamiento de los seres vivos actuales y en los estadios prebiológicos? En lo que respecta al primer punto, se ha demostrado que las reacciones metabólicas, o las ondas cerebrales, por ejemplo, pueden analizarse en términos de estructuras disipativas temporales. Un sistema biológico, que metaboliza y se reproduce, debe efectivamente, intercambiar materia y energía con el entorno; funciona como sistema abierto. Por otra parte, el mantenimiento de la vida y el crecimiento dependen de un sinnúmero de reacciones químicas y de fenómenos de transporte, cuyo control implica la intervención de factores altamente no lineales. Finalmente, el aporte de energía o de materia se efectúa generalmente en condiciones inestables, ya que los productos de reacción son expulsados del sistema vivo o enviados a otros lugares de la célula para que desempeñen otras funciones. En resumen: el funcionamiento de los sistemas biológicos parece cumplir las condiciones necesarias para que aparezcan las estructuras disipativas. (PRIGOGINE, 1997)

En *Metabolismo y estructuras disipativas*, expone que algunas reacciones enzimáticas importantes objeto de estudio indican que las concentraciones de los componentes químicos que intervienen en estas reacciones presentan oscilaciones persistentes. El estudio detallado de los modelos indica que estas oscilaciones pueden interpretarse como ciclos límite estables en el tiempo, que se originan más allá de la inestabilidad de un estado estacionario de no-equilibrio. En otras palabras, la glucólisis es una estructura disipativa temporal. (PRIGOGINE, 1997)

En el apartado *Sistemas nerviosos y estructuras disipativas*, comenta que se han obtenido resultados interesantes a dos distintos niveles: al nivel elemental, relativo al fenómeno fundamental de la excitabilidad membranosa y, a nivel supracelular, relativo al fenómeno de la actividad rítmica. Las ondas cerebrales pueden analizarse en términos de estructuras disipativas temporales. (PRIGOGINE, 1997)

En *Crecimiento y desarrollo: estructuras disipativas*, indica que uno de los problemas más apasionantes de la biología moderna es el análisis de los mecanismos de desarrollo: la complejidad del fenómeno para un organismo relativamente avanzado parece ser enorme. El problema estriba en entender los mecanismos intercelulares de comunicación y de asociación. Parece estar establecido que algunos procesos biológicos importantes implican inestabilidades que sólo son posibles lejos del estado de equilibrio termodinámico. Pero, según Prigogine, el problema más fundamental es sin duda el estudiado por Eigen, relativo a la evolución de poblaciones moleculares de interés biológico y la formación espontánea de un “código genético” por una sucesión de inestabilidades. La evolución corresponde a una serie de “catástrofes” de inestabilidad; a una amplificación de fluctuaciones hasta la eventual aparición de un estado dominado por ciertos tipos de macromoléculas y con estabilidad suficiente con respecto a las fluctuaciones que él mismo genera. Si se confirma la teoría de Eigen, podría contarse sin duda con un terreno de investigación fundamental, ya que, por primera vez, un estado altamente organizado, correspondiente a un código genético, emergería de forma concreta a partir de leyes físicas. Es posible que el problema del origen de las fluctuaciones más “nobles” del cerebro, como es el lenguaje, pueda formularse en la misma línea que la teoría de Eigen. (PRIGOGINE, 1997)

En el último apartado, *El azar y la necesidad cooperan en vez de enfrentarse*, indica que la vida sigue las leyes físicas con una plasticidad particular debido a su composición química y a las leyes cinéticas que de ella se desprenden. No es la inestabilidad, sino una sucesión de inestabilidades, lo que ha permitido franquear la tierra de nadie entre vida y no-vida. Esta concepción del orden biológico conduce a una apreciación más matizada de lo que pueda ser el papel del azar y la necesidad, por volver al título del famoso libro de Jacques Monod. La fluctuación que permite al sistema abandonar los estados próximos al equilibrio termodinámico, representa el elemento aleatorio, la parte del azar, mientras que la inestabilidad del medio, el hecho de que esta fluctuación vaya en aumento, representa una necesidad. Azar y necesidad se complementan en vez de oponerse. (PRIGOGINE, 1997)

### 7.2.16 La domesticación del azar.

Ian Hacking habla del azar y del determinismo en su libro *La Domesticación del Azar. La Erosión del Determinismo y el Nacimiento de las Ciencias del Caos*. Según I. Hacking:

“El acontecimiento conceptual más importante de la física del siglo XX fue el descubrimiento de que el mundo no está sujeto al determinismo. (...) El pasado no determina exactamente lo que ocurrirá luego. (...) Durante el siglo XIX se pudo ver que, si bien el mundo era regular, no estaba con sujeto a las universales leyes de la naturaleza. Así se dio cabida al azar.” (HACKING, 1991)

Según Hacking, en el siglo XIX la sociedad en general fue objeto de innumerables *estadísticas*. La aplicación de la estadística hizo aparecer un *elevado número de leyes*, análogas a las leyes de la naturaleza, pero que incumbían a las personas. Estas nuevas leyes se expresaban atendiendo a las *probabilidades*. Llevaban consigo las connotaciones de lo normal y de las desviaciones de la norma. Apareció *‘la persona normal’*. Durante la era de la razón, el azar se había considerado superstición. El mundo, sobre todo el social, se consideraba fortuito porque no se conocían los mecanismos internos. El escenario estaba preparado para la aparición última del determinismo. Había leyes que parecían estocásticas, pero la gran demanda de determinismo, combinada con el “éxito” de la estadística, hizo aparecer leyes por doquier. Hay aquí una aparente paradoja. Cuanto más se impone el indeterminismo, tanto más control. La física cuántica da por descontado que la naturaleza es en el fondo irreductiblemente estocástica. Esas leyes sociales iban a llegar a ser una cuestión de probabilidades, de azares. Las personas son consideradas “normales” si se sujetan a la tendencia central de tales leyes, en tanto que aquellas que se apartan de ellas son patológicas. En esta búsqueda de normalidad puede considerarse, como ejemplo, que toda nación que no realice una guerra en un período de tres años, no puede ser una potencia económica, como es el caso de EE.UU., dado que así lo “determinan” las estadísticas. (HACKING, 1999)



Hacking expone que las transformaciones descritas guardan relación con un hecho tan general que rara vez se advierte: un alud de números impresos. En el siglo XIX, todos los individuos estaban *clasificados*. Grandes cantidades de esas clasificaciones se imprimieron y se publicaron. Detrás de este fenómeno estaban las nuevas técnicas de clasificar y de enumerar y estaban las nuevas burocracias con la autoridad y la continuidad necesarias para instrumentar la tecnología. Hubo que inventar categorías. Afectó a la manera en que se concibe la sociedad y a la manera de describir a sus individuos. (HACKING, 1999)

Indica que la irrupción de cifras impresas está asociada con el deterioro del determinismo. El determinismo fue transformado por leyes del azar. Para creer que había semejantes leyes era menester que se dieran *regularidades estadísticas*, semejantes a leyes, en vastas poblaciones. Una civilización aferrada a la causalidad universal necesitaba encontrar leyes por todas partes. Al determinista le resulta fácil suponer que la caída de un dado o el movimiento de la ruleta se producen de conformidad con las simples e inmutables leyes de la mecánica. Las leyes estadísticas que parecen hechos brutos, se comprobaron primero en las cuestiones humanas, pero sólo pudieron advertirse una vez que los fenómenos sociales fueron enumerados y hechos públicos. El alud de cifras impresas producida a comienzos del siglo XIX prestó buenos servicios a esta tarea. Erróneamente, cualquier cifra servía a ese fin. La mayor parte de las regularidades semejantes a leyes fueron percibidas en relación con desviaciones: suicidio, crimen, vagancia, locura... Las estadísticas de los placeres y de los vicios están tabuladas. Probabilidades de deshielos, de enfermedades, de atracos, de terremotos... El ser humano actual está rodeado de probabilidades por todas partes. (HACKING, 1999)

Para Hacking, la irrupción de los números, el deterioro del determinismo y el invento de la noción de normalidad están insertos en los temas de la revolución industrial. El proyecto de Hacking es filosófico: aprehender las condiciones que hicieron posible la actual organización de conceptos en dos dominios. Uno de estos dominios es el del indeterminismo físico; el otro es el de la información estadística desarrollada con fines de control social. (HACKING, 1999)

Según Hacking, una proposición puede estimarse verdadera o falsa únicamente cuando existe algún estilo de raciocinio y de investigación que ayude a determinar su valor de verdad. Lo que la proposición signifique depende de la manera en que se establece su verdad. Esto raya la circularidad. Este tipo de pensamiento pone en tela de juicio la idea de un criterio de verdad independiente y dado. Hacking habla de domeñar el azar, esto es, de la manera en que aparentemente el azar o hechos irregulares quedaron sujetos al control de las leyes naturales o sociales. Pero no por eso el mundo se hizo más fortuito, sino que, al contrario, se hizo menos fortuito. De la domesticación del azar, nació una concepción de la irregularidad pura, de algo más violento que las clases de azar excluidas por la era de la razón. (HACKING, 1999)

Hacking, en el capítulo titulado *La doctrina de la necesidad*, indica que en 1982 el filósofo iconoclasta norteamericano C. S. Peirce propuso “examinar la común creencia de que todo hecho particular del universo está determinado por leyes.” (PEIRCE, 1892). Hacking indica que Peirce creía en un universo de absoluto e irreducible azar. La proposición en cuestión –para Peirce la “*doctrina de la necesidad*” – “es la de que el estado de cosas existentes en un determinado momento, junto con ciertas leyes inmutables determina por completo el estado de cosas de otro momento”. Peirce afirmaba que el mundo es irreductiblemente fortuito. Las leyes en apariencia universales que constituyen la gloria de las ciencias naturales son un subproducto de las operaciones del azar. (HACKING, 1999)

Hacking compara a Peirce con el máximo matemático de la probabilidad, Laplace, autor de la clásica enunciación de la necesidad. “Todos los sucesos, hasta aquellos que a causa de su insignificancia no parecen seguir las grandes leyes de la naturaleza, son el resultado de ellas, tan exacta y necesariamente como las revoluciones del sol”. Con estas palabras Laplace iniciaba su *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*. El libro contiene una multitud de pasajes memorables como éste:

“Supongamos por un instante el caso de una inteligencia que pudiera abarcar todas las fuerzas en virtud de las cuales la naturaleza está animada y la situación respectiva de los seres que la componen –una inteligencia suficientemente vasta para someter a análisis estos datos –, ella debería comprender en la misma fórmula los movimientos de los mayores cuerpos del universo y los movimientos del más ligero átomo; para ella, nada sería incierto y el futuro y el pasado serían el presente a sus ojos.” (LAPLACE, 1814)

Hacking, en *Fundamentos de la metafísica de la moral*, indica que Kant consideraba que “todo cuanto ocurre debe estar inexorablemente determinado por leyes naturales”. La voluntad, el libre albedrío, era un problema a causa del conflicto entre necesidad y responsabilidad humana. Descartes dio una solución. Imaginó dos sustancias distintas, espíritu y cuerpo, sustancia pensante y sustancia extendida en el espacio. La sustancia espacial está determinada por leyes. Esto dejaba un margen a la libertad humana por ser mental. Las dos sustancias, la espacial y la mental, estaban en dos mundos, uno cognoscible, el otro incognoscible. Kant estaba tan convencido de la necesidad que se inventó otro universo a fin de dar cabida a la libre voluntad. (HACKING, 1999)

Se cuestiona el papel que desempeñaba el azar en aquel mundo determinista. El azar era una mera apariencia: el resultado de líneas causales que se encontraban en un punto de intersección. Hacking recuerda que esta idea, que preserva la necesidad, fue propuesta una y otra vez, por ejemplo, por Aristóteles, por Santo Tomás de Aquino y, por el probabilista del siglo XIX, Cournot. Según Hume: “Está comúnmente admitido por los filósofos que lo que el vulgo llama azar no es sino una secreta y oculta causa”. Para Hacking, Hume no dudaba de la realidad de la necesidad, sino que dudaba del conocimiento de la necesidad. Consideraba ridículo pretender conocer las operaciones íntimas de la naturaleza: “En ningún ámbito de la naturaleza se encuentra uniformidad en todos los detalles”. (HACKING, 1999)

Hacking indica que en 1801, Xavier Bichat escribió:

“Las leyes físicas son constantes, invariables, pero las leyes fisiológicas no lo son. Todas las funciones vitales son susceptibles de numerosas variaciones. Frecuentemente se salen de su estado natural; desafían todo tipo de cálculos pues sería necesario disponer de tantas reglas diferentes como casos diferentes hay. Es imposible prever, predecir o calcular nada relativo a sus fenómenos; sólo tenemos aproximaciones y aún éstas son muy inciertas.” (HACKING, 1999)

Ninguna inteligencia suprema puede computar el estado futuro de un organismo vivo. La doctrina de Bichat se aparta de la necesidad definida por Peirce. Su oposición a la ley no era una oposición al orden o a la causalidad. Esa oposición no daba cabida al azar. Lo orgánico se resistía al azar. El azar no consiguió encontrar un lugar en la materia viva hasta que el vitalismo quedó desacreditado. (HACKING, 1999)

En *La Tesis de Cassirer (cap. 18)*, Hacking indica que la palabra “*determinismo*” apareció a finales del siglo XVIII. Indica que proviene de la doctrina alemana “*Determinismus*”. Kant sugirió, irónicamente, emplear *Praedeterminismus*: las decisiones están predeterminadas por los motivos, deseos y creencias. Según Hacking: “Hoy en día predeterminismo sería un nombre adecuado para designar la mayor parte de las versiones filosóficas de la teoría de la decisión y de la teoría de la elección racional, la fantasía según la cual una función de preferencia más una función de probabilidad sobre creencias determina lo que haga una persona”. (HACKING, 1999)

En cuanto a la voz “*determinism*”, en inglés, Hacking indica que el *Oxford English Dictionary* cita al metafísico escocés Sir William Hamilton, quien en 1846 distinguía explícitamente al determinismo (que tiene que ver con motivos y finalidades) y la necesidad de causas eficientes, que Hamilton llamaba ciego destino. Según Kant: “El determinismo es el principio de determinar la voluntad partiendo de razones internas (subjetivas) suficientes”. Para Hacking, conciliar este principio con el de la libertad, es decir, con la absoluta espontaneidad, no presenta ninguna dificultad. (HACKING, 1999)

Según Hacking, en 1836 la Academia Francesa publicó en un apéndice puesto a su diccionario de la lengua francesa: *Determinista*: Nombre de una secta alemana poco conocida y de escasa influencia aquí; *Determinismo*: Sistema, principios, doctrina de los deterministas. Los franceses asocian la palabra *déterminisme* con Claude Bernard. Su *Introducción a la medicina experimental* contenía lo que era “determinismo”. El sentido que daba a la palabra difería del sentido inglés y hacía paralelo con la palabra “mecanismo”. Análogamente, el *déterminisme* de Bernard designaba aquello que realmente determina. “El médico experimental ejerce su influencia sobre las enfermedades cuando conoce el determinismo experimental de éstas, es decir, su causa directa”. También empleaba *déterminisme* para designar su doctrina según la cual algo material determina todo suceso fisiológico. “La crítica experimental lo pone todo en duda, salvo el principio del determinismo científico”. El determinismo excluía la ley estadística. Según Bernard, influido por Comte: “No sé por qué se da el nombre de ley a resultados obtenidos por la estadística. A mi juicio, una ley científica sólo puede fundarse en la certeza y en un determinismo absoluto, no en una probabilidad”. (HACKING, 1999)

La definición aparecida en el OED en el año 1876 dice así: “La doctrina de que todo cuanto ocurre está determinado por una necesaria cadena de causalidad”. James Clerk Maxwell dio una conferencia en 1873 con el título “¿Tiende el progreso de la ciencia física a dar alguna ventaja a la opinión de la necesidad (o determinismo) sobre la opinión de la contingencia de los sucesos y la libertad de la voluntad?”. (HACKING, 1999)

Hacking pasa de la palabra a la idea. La sabiduría común es la correcta. Laplace no escribía metáforas. Hume y Kant admitían la necesidad en el mundo fenoménico de los objetos. A veces los deterministas eran denominados mecanicistas, como lo fue Lamettrie, quien en 1747 publicó *L'Homme machine*. Laplace hablaba de la necesidad en la esfera de la sustancia extensa, espacial, material. En sus declaraciones no se encuentra nada sobre sucesos mentales. En 1872 apareció un nuevo determinismo. Se proponía abarcar hasta el cerebro, el lugar de los hechos mentales. En aquellos días se registraron multitudes de necias discusiones. El problema del libre albedrío es en sí mismo universal y puede introducirse fácilmente en culturas que en nada se parecen al Occidente en cuanto a las concepciones de causalidad. Lo extraordinario de mediados del siglo XIX es la frenética elaboración de nuevos y sin duda extraños argumentos sobre la libertad. El tan discutido fatalismo estadístico ofrece un ejemplo; otro ejemplo es el de la antropología criminal de Cesare Lambroso de 1876. Toda la tradición de la jurisprudencia europea debía rechazarse, porque los criminales son natos, no se hacen, presentan rasgos atávicos. La pena de muerte es inmoral porque los asesinos, nacidos para matar, no son responsables de sus actos. (HACKING, 1999)

Clerck Maxwell indicó mediante una carta enviada a Karl Pearson que la obra de Saint-Venant y Boussinesq daba la solución al problema del libre albedrío. Se trata de la teoría matemática de la elasticidad. El motivo no fue la teoría de la elasticidad en sí misma. En la segunda mitad del siglo XIX la elasticidad era *el* problema de la cosmología. Los modelos del éter tenían contradicciones o violaban la experiencia; sin embargo, la transmisión electromagnética sin un éter elástico parecía inconcebible. Muchos creyeron que la teoría de Saint-Venant sobre la elasticidad daría la solución correcta. (HACKING, 1999)

Una de sus investigaciones, continuada por Boussinesq, se refería a “*soluciones singulares*”. En las ecuaciones con puntos singulares  $a$ , al dar valores cercanos pero menores que  $a$ , se obtienen soluciones muy diferentes de aquellas con valores cercanos pero superiores de  $a$ . En su investigación hay algo cercano a la moderna teoría de las catástrofes y de la teoría del caos. Entonces, como ahora, pensaban que su obra tenía una significación extramatemática. Esa obra debía explicar la libre voluntad en un mundo mecanicista. Muchas veces lo que se hace está preordenado. Ocasionalmente, el ser humano se halla en un punto singular físico; es cuando al elegir uno de dos actos cercanos se alcanzan efectos diferentes. La libre voluntad opera como a través de intersticios infinitesimales de puntos singulares. Maxwell comparaba la situación con la de un guardagujas que no hacía nada durante la mayor parte del día pero que en un determinado momento dirigía el tren por una de dos líneas divergentes en ciertos empalmes. Maxwell decía que “los puntos singulares están por su naturaleza muy aislados y no forman ninguna fracción apreciable de la fuente continua de la existencia”. Es un síntoma del estado del determinismo en las décadas de 1860 y 1870 el hecho de que esta idea pudiera haber sido abrazada tan cálidamente por espíritus tan vigorosos como el de Saint-Venant o tan profundos como el de Maxwell. Parece que en esta idea ya se contempla algo que se asemeja a las *bifurcaciones* actualmente tan conocidas.

Según Hacking, el neokantiano Renouvier da un paso positivista al afirmar que así como las causas finales fueron eliminadas de la ciencia, ahora se ha llegado a eliminar las causas eficientes y con ellas la idea del determinismo universal. Renouvier anunciaba a Peirce, sólo que éste llegaba a la conclusión de que la doctrina de la necesidad es falsa. (HACKING, 1999)

En 1874, Boutroux publicó su disertación sobre la contingencia de las leyes de la naturaleza. El principio fundamental es lo que emerge con una jerarquía de estructuras. En las fases de desarrollo del mundo se pueden considerar primero los átomos. Luego surge una estructura de moléculas pero las leyes de los átomos pueden no determinar las leyes de los compuestos. Estas leyes pueden no fijar las leyes de la vida vegetal y animal. Las leyes biológicas pueden no determinar las leyes psicológicas de las criaturas dotadas de razón. Las leyes biológicas y psicológicas pueden no determinar las leyes de la sociedad. En cada peldaño de la jerarquía se encuentran contingencias y la evolución de nuevas leyes no está determinada por estructuras más simples. (HACKING, 1999)

Hacking indica que otra figura que contribuyó a la domesticación del azar fue el alumno más famoso de Boutroux, Emile Durkheim. Su *Suicide* de 1897 fue la culminación de un siglo de fascinación francesa por las estadísticas del suicidio. Durkheim rechazó la idea de que las distribuciones estables del crimen o del suicidio debían explicarse por multitudes de minúsculas causas independientes y subyacentes. Había en cambio una “corriente suicidogenética de cierta fuerza” que corría a través de una sociedad dada. “Las tendencias o pasiones colectivas” son “*fuerzas sui generis*” que dominan la conciencia de un individuo. Esto “queda brillantemente demostrado por las estadísticas de suicidio”. “Las tendencias colectivas tienen una existencia que les es propia; son fuerzas tan reales como las fuerzas cósmicas”. (HACKING, 1999)

Durkheim consideraba un nuevo tipo de ley, una ley investigada por los estadígrafos y establecida por datos estadísticos. Esta ley es completamente autónoma de pequeñas causas subyacentes e independientes. Estas en modo alguno ofrecen una estrategia coherente para domeñar el azar. El azar debía ser sometido por un nuevo tipo de ley considerada análoga a las leyes de la electricidad y de la gravitación. (HACKING, 1999)

*Suicide* sostenía que la sociedad no es simplemente la suma de sus individuos. El todo es mayor que la parte. “El axioma de que el todo no es igual a la suma de sus partes nos viene de Renouvier”. Las leyes de la sociedad, análogas a las fuerzas cósmicas eléctricas, surgieron de principios mayores que aquellos que pueden deducirse de las propiedades de la psicología individual. El principio de lo emergente era una manera de admitir la ley estadística sin provocar una confrontación entre las leyes de la sociedad y los puntales deterministas del mero mundo físico. La sociología “es una ciencia independiente y *sui generis*. En la naturaleza hay tres mundos: por encima de los fenómenos físicos y por encima de los fenómenos psíquicos están los fenómenos sociológicos”. Esto ocurría en 1885. Durkheim no ignoraba la libre voluntad. (HACKING, 1999)

En el capítulo *El estado normal (cap. 19)*, Hacking comenta que la normalidad es, como el determinismo, una idea que en cierto modo siempre ha estado, pero que en algunos momentos puede adoptar una forma nueva. Como palabra, “*determinismo*” comenzó a usarse en la década de 1780 y cobró su más común significado actual en la década de 1850. Como palabra, “*normal*” es mucho más antigua, pero adquirió su significación actual en la década de 1820. Aunque las dos palabras contribuyeron en la domesticación del azar lo hicieron de maneras muy diferentes. Lo normal era la unión de un par de conceptos. Su opuesto era lo *patológico* y durante breve tiempo su dominio fue principalmente médico. Luego pasó a casi todas las esferas, la gente, la conducta, los negocios, las relaciones diplomáticas, las moléculas... Éstas pueden ser normales o anormales. La palabra se hizo indispensable porque creaba cierta “*objetividad*”. Es como un fiel criado que habla del pasado. Tiene un poder tan antiguo como Aristoteles para tender un puente sobre la distinción de hecho/valor, pues susurra al oído que lo que es normal es también excelente. Pero en los sucesos que han de describirse, es como un adivino que nos habla del futuro, del progreso y de los fines. La normalidad es una idea mucho más importante que el determinismo, pero ambas ideas no dejan de tener relación. Una historia de la erosión del determinismo es también una historia del invento del concepto de normalidad. Para Hacking, “normal” lleva el sello del siglo XIX y de su concepción de progreso, así como “naturaleza humana” lleva el sello de la ilustración. Se pregunta ¿Es normal esa conducta? ¿Es normal que una niña de ocho años haga eso? Los institutos de investigación están sostenidos por fondos destinados a establecer lo que es normal; raros son los patronos que desean que se investigue la naturaleza humana. (HACKING, 1999)

La primera significación de lo “normal” dada en un diccionario corriente de inglés es algo parecido a “usual, regular, común, típico”. En el *Diccionario de la Real Academia*: De características, comportamiento, etc., parecidos a los de la mayoría, por lo que no produce extrañeza ni llama la atención: *una vida normal, un tamaño normal*. El sentido moderno dado a la palabra “normal” proviene de la biología y la medicina, inducidas por la radical extensión que dio a la idea Auguste Comte y por la popularización que dio a la palabra Balzac al satirizar a los médicos. El lugar original del moderno sentido de la palabra “normal” fue la frase “estado normal” (de un organismo que formaba pareja con la frase “estado patológico”). (HACKING, 1999)



Puede uno, pues, usar la palabra “normal” para decir cómo están las cosas, pero también para decir cómo debieran ser. La magia de la palabra consiste en que podemos usarla para hacer las dos cosas a la vez. (HACKING, 1999)

Se ha dicho de Emile Durkheim, cuya idea de las sociedades normales y patológicas es el tema del siguiente capítulo, que trató de tender un puente entre el “ser” y el “deber ser” mediante la distinción entre lo “normal” y lo “patológico”. Tal vez esto sea errado, pero eso es lo que hace a favor nuestro el concepto de normalidad. Es lo que ha dado lugar al hombre medio (*average man, l’homme moyen*). Esta idea puede remontarse a Aristoteles: “La virtud es un medio entre dos vicios, uno de exceso y el otro de deficiencia”. (*Ética a Nicómaco*, 1107 a.) (HACKING, 1999)

Para Hacking, el concepto de lo patológico parece a primera vista tan antiguo como la misma enfermedad, pero lo cierto es que sufrió una transformación sustancial poco antes de 1800. La enfermedad llegó a concebirse como un atributo, no de todo el cuerpo, sino de órganos singulares. La patología llegó a ser el estudio de órganos enfermos antes que de personas enfermas. (HACKING, 1999)

A juicio de Comte, el principio de Broussais era el remate de un principio de continuidad que Comte atribuía a d’Alembert. Observemos las dos partes de este “principio”: a) la patología no es diferente por su índole de lo normal; la naturaleza no obra a saltos sino que continuamente pasa de lo normal a lo patológico; b) lo normal es el centro del que se aparta la desviación. (HACKING, 1999)

Por otro lado, la industrialización del mundo exigía la estandarización. Pero cuando Comte trasladó el concepto de normalidad a la esfera política y social dio otra vuelta de tuerca. Lo normal dejaba de ser el estado corriente saludable y se convirtió en el estado purificado al que debíamos aspirar y al que tienden nuestras energías. En suma, el progreso y el estado normal llegaron a estar inextricablemente ligados. “El progreso no es nada más que el desarrollo del orden: es un análisis del estado normal”. En los últimos años de Comte, el positivismo no nos remitía a una norma existente y menos a un término medio. El positivismo era el único camino políticamente viable que conducía al “verdadero estado normal” (HACKING, 1999)

De esta manera Comte expresaba y hasta cierto punto inventaba una tensión fundamental en la idea de lo normal: lo normal como promedio existente y lo normal como figura de perfección hacia la cual podemos progresar. La tensión se hace sentir de diferentes maneras. Por una lado, pues, el pensamiento de que lo normal es lo correcto y, por lo tanto, hablar de lo normal es una espléndida manera de preservar el *status quo* o de retornar a él. Esa es la posición de Durkheim. Por otro lado, tenemos la idea de que lo normal es sólo un término medio y, en consecuencia, algo que debe ser mejorado. Esa es la posición de Galton. Durkheim llamaba patología la desviación de la norma, en tanto que Galton veía excelencia en un extremo de la distribución normal. Galton propugnaba el mejoramiento de los términos medios cualesquiera que fueran las medidas de valor que pudiesen darse por descontadas. Cuando se trata de seres vivos, esto se traduce en la eugenesia. (HACKING, 1999)

La tensión que presentan estos aspectos de lo normal no desaparece con sólo hacer notar que aquí se trata de dos ideas, una de preservación y la otra de mejoramiento. La primera contiene afecto, cariño por los orígenes, por la buena salud juvenil, una condición ideal a la que debíamos retornar. La segunda se desarrolla según una teleología, según fines que podríamos escoger para perfección de nosotros mismos o del género. Hay dos clases de progresos. Las palabras tienen profundas cargas semánticas que lubrican nuestra retórica estridente y chirriante. Lo normal indica indiferentemente lo que es típico, el promedio objetivo frío, pero también indica lo que fue (buena salud) y lo que será nuestro destino escogido. Esta es la razón de que la inocente y aparentemente neutra palabra “normal” se haya convertido en uno de los instrumentos ideológicos más poderosos del siglo XX. (HACKING, 1999)

En el capítulo *Tan reales como las fuerzas cósmicas* (Cap. 20), Hacking indica que Durkheim unió claramente estos dos hilos: felicidad/salud, normal/anormal y tuvo en cuenta el modelo médico de suicidio. Este capítulo tiene cuatro finalidades. Primero, confirmar que la concepción de Durkheim sobre el estado normal de la sociedad es parte del discurso de Comte y de la fisiología. Segundo, situarla en otra discusión, la antropología criminal. Tercero, mostrar de qué manera un nuevo estrato de “realidad” se agregó a los hechos estadísticos. Y cuarto, desarrollar la tensión esencial que presenta la idea de normalidad, una tensión entre la figura a la que llamamos “Durkheim” y la figura a la llamamos “Galton”. (HACKING, 1999)

Durkheim abogaba por una explicación funcional de los fenómenos sociales (y quizá lo inventó), explicación en la que se considera que una práctica social (sin saberlo aquellos que la llevan a cabo) ayuda a mantener en existencia a la sociedad. El primer libro de Durkheim, *La división del trabajo* de 1893, proponía una explicación funcional de la división del trabajo en la sociedad industrial. Para Hacking, las explicaciones funcionales explican lo que es “obvio”. Los economistas, desde Adam Smith en adelante, habían explicado que la división del trabajo aumenta la riqueza. Para Durkheim esto no es suficiente. Sostenía que una sociedad moderna se desintegraría sin la división del trabajo. (HACKING, 1999)

¿Cómo puede uno saber si un fenómeno social es normal o patológico? “La cuestión no difiere esencialmente de la pregunta que se hace el biólogo cuando trata de separar la esfera de la fisiología normal y la esfera de la fisiología patológica”. Después de atribuir esta técnica a la fisiología, Durkheim continuaba diciendo. “Debe seguirse el mismo método en la ética. Un hecho moral es normal en el caso de un determinado tipo social cuando ese hecho se observa en el término medio de la especie; es patológico en circunstancias contrarias.” La conexión de 1888 entre tasa de suicidios, tasa de nacimientos y felicidad era solidaria con la mayor parte de la biopolítica de los dos pasados siglos. Ante la pregunta de cómo se puede medir el bienestar de un pueblo. Parece que no era por la riqueza, pero sí por la salud. Parecían “estar seguros de que las sociedades en las que el suicidio es más frecuente son más saludables que aquellas en las que es más raro.” Así, el suicidio es como una enfermedad. El suicidio es, pues, “un índice del estado de salud de las sociedades”. Para Hacking, Durkheim también tenía la idea de que lo normal de una sociedad está indicado por un término medio que indica lo que es correcto. Se cuestiona cómo puede combinarse el suicidio como señal de enfermedad con los términos medios que definen la normalidad. El problema se hizo apremiante en las reflexiones de Durkheim sobre el crimen. Indica que Durkheim cambió de opinión sobre si el crimen es normal. “La diferenciación que desintegra (cáncer, microbio, criminal) es diferente de aquello que concentra las fuerzas vitales (la división del trabajo)”. En suma, el crimen era patológico, desintegrante, en tanto que la división del trabajo era normal y concentraba fuerzas vitales. Para Hacking esto contradecía el principio de Brossais: lo patológico no era aquí una modificación de lo normal sino algo diferente por su naturaleza. (HACKING, 1999)

“La criminalidad que desaparece en una forma reaparece en otra, de ahí que sea una contradicción concebir una sociedad sin crímenes” Hacking indica que para decirlo exactamente: ésta era una afirmación conceptual, no una afirmación empírica. De manera que el crimen –entendido como aquello que se reprime en una sociedad– es esencial para preservar la sociedad. El supuesto de que el crimen es normal formaba parte de una explicación funcional del crimen. ¿Era normal el crimen? Para Hacking no en 1893, pero sí en 1894. Para llegar a esta conclusión Durkheim se basó en los estudios realizados en antropología criminal por Cesare Lambroso, dando lugar al “hombre criminal”. La anormalidad tenía una base científica. Los criminales constituían un género aparte. En el congreso de Bruselas de 1892 hubo una gran polémica y entre sus resultados estuvo “la desaparición completa del tipo criminal, esto es, el criminal nato de Lambroso”. El hombre criminal había sido completamente discontinuo respecto de la gente normal. Abolirlo significaba restaurar el principio de Broussais y hacer del crimen una mera descripción de la normalidad. Este “resultado” del congreso corre paralelo con el cambio de opinión de Durkheim sobre el fenómeno del crimen. (HACKING, 1999)

Hacking indica que el suicidio fue declarado parte del estado normal. “En todo caso, es seguro que corrientes suicidogenéticas de diferente intensidad, que dependen del período histórico, existieron siempre en los pueblos de Europa; las estadísticas lo han probado a partir del último siglo y monumentos jurídicos lo han probado en el caso de períodos anteriores. El suicidio es, pues, un elemento de la constitución social de esos pueblos y hasta probablemente de toda constitución social.” El suicidio es normal, pero aumentos registrados en las tasas de suicidios pueden indicar morbosidad. Hacking considera la cuestión de la causalidad. ¿Qué produce porcentajes estables, ya sean éstos la norma para una sociedad de un tipo, ya sean porcentajes patológicamente desviados, como tasas excesivas de suicidio? La causa tendrá que ser algo colectivo. Durkheim apeló a la cosmología: las fuerzas sociales que obran sobre los individuos son comparables a las fuerzas cósmicas, como la gravedad. Las fuerzas colectivas de Durkheim no presentaban tacha alguna de indeterminismo, ni siquiera de azar; eran agentes que necesariamente producían fenómenos fortuitos estables. En la época de Durkheim, las leyes de desviación respecto de lo normal llegaron a ser ellas mismas parte de la realidad, pero a diferencia de Galton, Durkheim no pensaba que las leyes eran ellas mismas estadísticas. (HACKING, 1999)

Galton no aceptaba la concepción de Quetelet y otros de que la curva normal era el producto de multitud de pequeñas causas independientes. El hombre medio no podía ser la variable que de alguna manera explicaba la estabilidad estadística. La razón de que deba haber fuerzas cósmicas que obran sobre la población y producen las tendencias a suicidarse es la de que no puede haber otra explicación de las estabilidades estadísticas. (HACKING, 1999, pág. 255). Galton y Durkheim tenían una idea de lo normal y de lo anormal que los conectaba con la realidad de una nueva clase de ley. Podrá parecer un mero juego de palabras pretender conectar la acepción que Galton da a “normal” con la acepción que le da Durkheim. (HACKING, 1999)

Otra prueba confirma esta conclusión. ¿Qué es lo opuesto de lo normal? Lo anormal, seguramente. Pero para Galton lo normal estaba caracterizado por la curva normal; lo anormal era lo que se desviaba fuertemente de su término medio. Para Durkheim lo anormal se llamaba lo patológico; en definitiva lo anormal era lo enfermo. En cambio para Galton lo anormal es lo excepcional y puede ser lo más sano que tenga la raza.

Para Hacking, se trataba pues de dos visiones diferentes de lo normal. La idea de normalidad de Galton se sitúa en la cultura, no sólo en el test del cociente de inteligencia sino también en una serie interminable de medidas de conducta normal. La suya es una trayectoria de éxito; en los detalles específicos, la de Durkheim no lo es. “Sin embargo, ambos forman parte de ese monumento fundamental de transición que eslabona la erosión del determinismo, el surgimiento de un nuevo tipo de ley indeterminista, la domesticación del azar y el desplazamiento de la naturaleza humana por obra de la idea de la normalidad”. (HACKING, 1999, pág. 256)

En el capítulo *La autonomía de la ley estadística* (cap. 21), indica que durante un tiempo la candidez del determinismo no reconocía límites. “Conocida una hora de la vida de un hombre, un serafín antropométrico podía calcular todo lo que ese hombre había sido y todo lo que habría de ser”. De manera que en 1871 las ciencias sociales emulaban la máxima laplaciana del determinismo universal. Galton instaló puestos antropométricos en lugares públicos para realizar mediciones de los transeúntes. Galton compartió (y contribuyó a popularizar) la idea de que las mediciones físicas y mentales mostraban la clave de la naturaleza humana. (HACKING, 1999)

Uno puede explicar algo por una ley estadística sólo si ésta es en cierto modo autónoma y no reducible a una serie de causas subyacentes. Decir que dichas leyes son irreducibles equivale a decir que el universo no tienen ninguna serie de leyes más profundas y no probabilísticas que atañen a la conducta estadística. Sólo con el advenimiento de la mecánica cuántica y su elaboración de la década de 1930 fue ampliamente aceptada la idea de irreducibilidad. Un importante acontecimiento fue el teorema de Von Neumann de las “variables no ocultas” expuesto en 1936. La frase “variables no ocultas” indica una manera precisa de manifestar que la mecánica cuántica, tal como se la entiende hoy, no puede ser reducida a una teoría determinista subyacente. (HACKING, 1999, pág. 259)

En el capítulo *Un universo de azar (cap. 23)* indica que el azar mismo fluye en toda avenida de sentido: es de todas las cosas la más entremetida. Es absoluto y constituye la más manifiesta de todas las percepciones intelectuales. Es un ser, vivo y consciente, es lo que toda la estupidez correspondiente al raciocinio no podrá negar con todo su atrevimiento. (HACKING, 1999)

Peirce negaba el determinismo. También dudaba que el mundo fuera algo dado y determinado. Trabajaba en una comunidad que trataba de establecer los verdaderos valores de las constantes de la naturaleza de Babbage; Peirce decía que no había tales valores por encima de aquellos números que establecemos. Pero sobre todo concibió un universo irreduciblemente estocástico. (HACKING, 1999, pág. 286) Creía en un azar absoluto. Argumentó contra la doctrina de la necesidad pero su argumento no lo convencía de que el azar no fuera un elemento irreducible de la realidad. Mantenía abiertos los ojos y el azar fluía ante ellos desde un mundo que, en todos sus pequeños detalles, Peirce veía de una manera probabilística. Peirce es el indicio más vigoroso de que ciertas cosas que no podían expresarse a fines del siglo XVIII se dijeran a finales del siglo XIX. Peirce elaboró una filosofía del azar. Peirce hacía notar que la necesidad no es una doctrina universal. Ya Epicuro habló del “azar espontáneo”. La observación no puede establecer una “causalidad mecánica”. Se puede observar sólo “que hay una cierta regularidad en la naturaleza”. Esto “no afecta la cuestión de si semejante regularidad es exacta y uniforme”. Pero sumamente importante es el hecho de que la diversidad y la especificidad del universo evolucionan junto con las leyes del universo. En el mundo hay espontaneidad, de la cual la libre elección es un elemento menor.

Peirce respetaba el trabajo de esos autores, pero como era un observador señalaba que la ley del error se refería ante todo al error y a los juicios, pero que no era biométrica. En la época de Peirce los observatorios determinaban rutinariamente el instante en que un planeta o un astro cruzaba el meridiano. Los observadores diferían sistemáticamente en sus mediciones. Bessel llamó a este hecho la “ecuación personal”, un factor de corrección que debía agregarse a la medición hecha por un individuo. Peirce demostró que esta “ecuación personal” podía mejorarse con el entrenamiento del observador, con lo cual pasó a ser una cuestión psicológica. La psicofísica fue fundada en la década de 1850 por el brillante pero extraño Gustav Fechner. Fechner había sostenido que hay un umbral debajo del cual uno no puede discernir pequeñas diferencias. Peirce relacionaba inducción y probabilidad de una manera nueva, conectada con su propia filosofía general del universo. Desde sus tiempos de Harvard de 1865 Peirce distinguía “tres clases de inferencia”: deducción, inducción e hipótesis. El método de la hipótesis propone una conjetura que explique un fenómeno interesante o desconcertante. Durante un tiempo, Peirce designó este método con el vocablo “abducción”. Decía que deseaba emplear esa “palabra peculiar” para dejar en claro que conjeturar una hipótesis preferida no era en modo alguno inducción. (HACKING, 1999)

Una diferencia entre los fundamentos de la inducción y de la hipótesis es, según Hacking, éste: “la probabilidad no tiene [nada] que ver con la hipótesis. La probabilidad tiene [algo] que ver con la inducción. La innovación de Peirce consistió en decir que era ese [algo]”. Peirce se convenció de que la probabilidad se aplica, no a un hecho singular, sino a una serie de hechos. Primero pensó que una probabilidad es una frecuencia relativa que se da en una serie. Peirce llamó *nominalista* este enfoque. En 1890 Peirce proponía una teoría de la probabilidad en la que entraba en juego la disposición o *propensión*. Para Peirce: “Una prueba que da una probabilidad siempre da esa probabilidad, en virtud de un proceso que presentará la verdad con más frecuencia que lo contrario; y todo proceso del que se sabe que arroja verdad con más frecuencia que lo contrario da probabilidad”. “Arrojar verdad con más frecuencia que lo inverso”, tal es el núcleo de la concepción de la lógica deductiva e inductiva de Peirce. (HACKING, 1999)

Hacking continúa, haciendo referencia a Peirce: “La *lógica* es la ciencia que se necesita para someter a prueba el argumento”. Esa ciencia no lo hace examinando argumentos singulares sino que obra considerando el “género” de un argumento. Si el género es de tal condición que la conclusión del argumento es verdadera cuando las premisas son verdaderas, el argumento es *demostrativo*. Si es de tal condición que la conclusión es generalmente verdadera cuando las premisas son verdaderas, el argumento es meramente *probable*. En cualquier caso, un argumento válido tiene la “virtud de preservar la verdad”. Cuando las premisas son cuantitativas, se puede estar en condiciones de reemplazar el “generalmente” por una probabilidad numérica. Peirce tenía ideas claras sobre la relación entre inducción e hipótesis. Construimos hipótesis y luego las sometemos a prueba por inducción. La teoría de la inferencia probable de Peirce se aplica sólo cuando las premisas son suficientemente cuantitativas para validar el cálculo de probabilidades. Una forma inductiva del argumento debería llevar a conclusiones “que se acerquen más a la verdad a la larga... de lo que pudiera acercarse a la verdad una aserción fortuita”. La doctrina de Emile Boutroux sobre la ley natural indica que evoluciona de manera contingente. William James y hasta cierto punto Peirce se aproximaban a la posición de Boutroux y de Renouvier. Sostenían estos autores que las leyes de la naturaleza no estaban dadas desde el comienzo del universo. Leyes de formas complejas no estaban determinadas por leyes de formas complejas surgidas en la historia del universo. Esa era la posición de Boutroux en 1875. (HACKING, 1999)

Peirce escribió que una filosofía de la inducción debía estar penetrada de metafísica evolutiva. Se trataba de una metafísica rica en corolarios. Las leyes de la naturaleza generalmente son presentadas como ecuaciones con algunos parámetros fijos que no son otros que las constantes de la naturaleza de Babbage. Pero si las leyes de la naturaleza evolucionan partiendo del azar, no se necesita imaginar que las constantes sean algo más que valores que se alcanzarán en algún futuro indefinido. O que no se alcanzarán nunca dado que se están desplazando “microinfinitesimalmente” de sus valores tomados como standard pues están cambiando, evolucionando, readaptando a las situaciones o nuevos entornos. La “realidad” última de las mediciones y lo medido tienen la forma de la ley gaussiana del error. Decía Peirce que exactos son los balances de los bancos y los libros de crédito, no las constantes de la naturaleza. Las “constantes” son sólo variables fortuitas que se han manifestado en el curso de la evolución de las leyes. (HACKING, 1999)



Peirce combinaba las leyes que evolucionaban con una epistemología evolutiva. ¿Por qué las maneras instintivas de clasificar las cosas se ajustan tan bien a la inducción? A menudo se sugiere que la selección natural adapta las especies de suerte que éstas hagan discriminaciones que convienen a los aspectos funcionalmente relevantes de su medio. Si se distinguen tempranamente los colores, ello se debe a que discernir las cosas por su color ayuda a sobrevivir. Aun cuando esto fuera cierto no explicaría por qué los hombres son capaces de explorar el cosmos y el microcosmos. No hay ventaja evolutiva discernible en la capacidad de formular el concepto de fuerza gravitatoria, en la capacidad de seguir los pasos que van desde Kepler a Newton y, por último, de hacer oscilar un péndulo para determinar la constante gravitatoria. Peirce observaba que la capacidad para desarrollar tales pensamientos y actividades hace flaca compañía y se opone a la supervivencia. La capacidad de moverse en abstracciones es un producto de la evolución, pero en el mejor de los casos tiene un valor indiferente en lo tocante a la supervivencia. Se deberían concebir las capacidades mentales evolucionando paralelamente con la evolución de las leyes del universo. Éstas se pueden descubrir porque ellas y el espíritu humano han evolucionado de la misma manera. Peirce llamaba “amor evolutivo” a este hecho. (HACKING, 1999, pág. 305)

Hacking ha tomado a Peirce por ser un hombre cuya vida profesional estuvo inmersa en las tecnologías del azar y las probabilidades y que se rindió por último a la idea de que hay azar absoluto en el universo. Peirce fue el primer filósofo en internalizar por completo la manera en que el azar había sido domesticado en el curso del siglo XIX. Hacking indica que la historia del universo, según Peirce, en la cual el ciego azar se estabiliza en una ley aproximada, no es otra cosa que la domesticación del azar. “El azar es lo primero, la ley es lo segundo y la tendencia a adquirir hábitos es lo tercero” eso no significaba que el azar quedara anulado por las leyes estadísticas o que las sucesivas tiradas de dados engendraran un mundo en el que pudiéramos resumir o reasumir los cómodos hábitos de Hume. Lo que era primero, siempre será lo primero. (HACKING, 1999)

### 7.2.17 La necesidad del azar

Jorge Wagensberg, profesor de Física de la Universidad de Barcelona es un científico que ha dedicado muchos trabajos a estudiar el tema del azar y su relación con la naturaleza. En uno de sus artículos, *La necesidad del Azar*, se cuestiona si el azar ¿es la ignorancia del observador o un derecho de la naturaleza?. En este artículo recuerda un ideal importante de la ciencia: el retroceso del poder del azar en función del progreso del conocimiento. Indica que en los últimos años, las fuerzas de la ciencia contra el azar se han dividido, luchan en varios frentes y también entre sí. Recuerda que en ciencia todo es continuamente revisable. En el caso del azar, la revisión ha alcanzado quizá el nivel más profundo: el de su definición. (WAGENSBERG, 1981)

Expone que el concepto de azar nació del concepto de ignorancia, de falta de información. Indica que un fenómeno aleatorio no se puede formalizar; no existe un algoritmo que lo contenga. Para los subjetivistas, defensores de esta definición, la pregunta ya tiene respuesta: el azar es un concepto complementario del conocimiento. La cantidad de azar presente en el universo o la cantidad de él que interviene en los procesos naturales no tiene más límite que el del avance del conocimiento. Según este enfoque, parece que el azar y el conocimiento son excluyentes. Es como si el aumento de uno de ellos quitara terreno al otro. Así, puede llegarse a pensar que como parece que la suma de ambos es constante, el conocimiento debe de aumentar reduciendo el azar existente. Con lo cual, si esto es cierto, en el límite, esta lógica sugiere que todo será conocimiento y no existirá nada de azar. (WAGENSBERG, 1981)

Según recuerda Wagensberg, el primer gran triunfo de la ciencia sobre el azar culminó con la consagración decimonónica del mecanicismo. La mecánica newtoniana y la teoría electromagnética hicieron retroceder el azar esgrimiendo la existencia y unicidad de las ecuaciones diferenciales. La mecánica clásica consigue, por medio de una fuerte idealización de los sistemas físicos, convertir al factor tiempo en irrelevante. Conocido el estado de un sistema en un instante cualquiera las ecuaciones del movimiento proporcionan una única trayectoria posible. El pasado y el presente están contenidos en cualquier instante. El tiempo no existe, el conocimiento es completo, no queda lugar para el azar. (WAGENSBERG, 1981)

Al fin del siglo XIX, la visión determinista del mundo se fue deteriorando, como consecuencia de la acumulación de una serie de evidencias, las cuales llevaron a un renacimiento del azar. Según Wagensberg: “la ciencia se vio obligada a pactar inventando e incorporando el concepto de probabilidad”. (WAGENSBERG, 1981)

Wagensberg recuerda que el trauma metafísico del determinismo tiene su símbolo en el llamado ‘espíritu o demonio de Laplace’. Laplace se imagina la existencia de una inteligencia infinitamente superior al hombre en lo cuantitativo (capacidad ilimitada de adquisición de datos y de cálculo) pero idéntico en lo cualitativo (conocedor de las mismas leyes). El espíritu propuesto por Laplace es capaz de calcular cada uno de los sucesos del futuro y de recuperar todos los del pasado. Wagensberg recuerda las palabras de Koyré, donde, haciendo referencia a la responsabilidad de Newton en la división del mundo en dos partes, la que podría llamarse humana y la que podría llamarse geométrica, continúa diciendo: “(...) Y así, el mundo de la ciencia –el mundo real – se aleja definitivamente del mundo de la vida que la ciencia ha sido incapaz de explicar”. Koyré concluye que esta partición es la que lleva a la tragedia del espíritu humano moderno “que sabe resolver el enigma del universo, pero sólo a costa de reemplazarlo por otro enigma: el enigma de sí mismo.” (WAGENSBERG, 1981)

Wagensberg recuerda las palabras empleadas por Einstein: “Dios no juega a los dados”. Según Wagensberg, Einstein se encontraba a gusto protegido por el determinismo. Para él, la ciencia sin tiempo era la única arma que permitía superar la cotidiana experiencia existencialista, lo único capaz de hacer olvidar la miseria, el dolor, la guerra... Wagensberg indica que la concepción mental del demonio de Laplace es posible sobre la base de la fuerte dualidad *leyes-condiciones iniciales*. Se puede admitir la representación de las leyes por ecuaciones diferenciales y se puede admitir la consideración del estado inicial de un sistema. Sin embargo, “debe observarse la dificultad, incluso teóricamente, de concebir la determinación de un conjunto de números que representen, con precisión infinita, el valor de tales condiciones iniciales”. Wagensberg cree que debe de apreciarse el abismo que separa dos ideas: “la idea de una información infinita y la idea de una información tan grande como se quiera”. El primer caso proporciona una trayectoria (no cabe el azar), el segundo caso proporciona una familia – acotada – de infinitas trayectorias (existe un margen de azar). (WAGENSBERG, 1981)

Wagensberg emplea la idea de “trauma del determinismo puro” pues considera que el físico sólo alcanza la ausencia de azar pasando antes por el concepto de infinito. Y para muchos físicos, esto significa no pasar. Con esto se está más cerca de la pregunta inicial, porque, sino tiene sentido hablar de información infinita, entonces el observador sólo tiene parte de culpa en su desinformación. (WAGENSBERG, 1981)

Wagensberg indica que la física ha tenido que cortar mucho antes de llegar a este límite último. La mecánica estadística renuncia a una gran cantidad de información para tratar sus macrosistemas y la mecánica cuántica acepta ciertas reglas que limitan la observación de sus microsistemas. La ciencia pacta con el azar. El azar se redefine. La mecánica estadística utiliza el concepto de probabilidad: conecta el mundo de las partículas con el mundo de los grandes sistemas, el descrito por las leyes de la termodinámica del equilibrio y de los sistemas aislados. Expresa con magnitudes macroscópicas los valores medios de las magnitudes dinámicas moleculares. Esta idea de valor medio sacrifica una enorme cantidad de información sobre el comportamiento molecular, pero en beneficio de conectar con las fenomenologías grandes. Wagensberg dice que la termodinámica del equilibrio es diferente de los sistemas de los seres vivos, precisamente, porque éstos son sistemas abiertos alejados del equilibrio. (WAGENSBERG, 1981)

Wagensberg indica que tanto la mecánica estadística como la mecánica cuántica emplean ecuaciones diferenciales que gobiernan determinísticamente la incertidumbre. Pero él se plantea dos profundos problemas: el de la irreversibilidad en termodinámica y el de las variables ocultas en mecánica cuántica. Respecto a la primera pregunta, generalmente se admite que la irreversibilidad de los procesos naturales se debe a un desconocimiento suplementario a las ecuaciones reversibles. Pero lo sorprendente es que en un proceso irreversible, las partículas microscópicas siguen procesos reversibles. Se suele indicar que es la desinformación del observador la causa de la irreversibilidad; ante esto, Wagensberg recuerda que todos los intentos de probar esta idea han fracasado. Los procesos vitales son flagrantemente irreversibles ¿Cómo atribuirlos a un espejismo de la observación? Respecto a la cuestión de la mecánica cuántica, indica que son muchos los que aún intentan explicar los límites de la observación en cuántica empleando la teoría de las variables ocultas. (WAGENSBERG, 1981)

Respecto a este último punto, parece que es interesante exponer una conclusión realizada por Iñaki San Pedro obtenida del trabajo *Causalidad y teorías de variables ocultas*, donde indica que “(...) en absoluto está todo dicho en cuanto a la estructura causal o no causal de la Naturaleza. La violación de las desigualdades propuestas por Bell, (...) nos hace pensar, bien en un mundo completamente indeterminista en la línea que sugiere la interpretación de Copenhague de la mecánica Cuántica, o en un mundo determinista que podría entonces ser descrito en términos de variables ocultas, como sugiere la interpretación de Bohm”. (SAN PEDRO, 2004)

Wagensberg indica que la introducción del azar en la física empezó a disolver el trauma del mecanicismo universal y supuso un sensible acercamiento a la comprensión de una realidad tan impresionante como es la vida, sus formas y su evolución. (WAGENSBERG, 1981)

Wagensberg continúa diciendo que hasta hace poco, la física sólo podía ofrecer el concepto de entropía como magnitud de alguna forma relacionada con la idea de orden. La entropía contiene la desinformación del observador macroscópico y representa el número de configuraciones microscópicas compatibles con el estado de equilibrio que describe. El célebre segundo principio de la termodinámica establece que el estado de equilibrio (para los sistemas aislados) corresponde al estado de máxima entropía. Indica que hay un abuso semántico de esta magnitud. En efecto, términos como irreversible, entropía, azar, probabilidad, información u orden, se manejan en la literatura con diferentes significados, b que en nada ayuda a reflexionar y debatir el tema propuesto del azar. (WAGENSBERG, 1981)

Wagensberg recuerda que en 1948, Shannon da a conocer su teoría de la información. La desinformación de Shannon, también llamada desinformación entrópica, exhibe también en cierta medida el orden del sistema. Para Wagensberg, la desinformación de Shannon y la entropía de Boltzmann hablan de un orden geométrico que más se parece a un cristal que al orden existente en una célula. Son ciegas al orden funcional.

Para Wagensberg, la primera extensión de la termodinámica del equilibrio, termodinámica lineal de los procesos irreversibles, informa lejanamente de cómo los sistemas evolucionan, alcanzan y tratan de mantener una determinada estructura.

Wagensberg indica que la entropía de Shannon fue introducida por Margalef en 1958 para los sistemas ecológicos con el nombre de diversidad originando a su vez una polémica que todavía dura. La diversidad mide la complejidad, o como dice el autor, el grado de barroquismo alcanzado por la comunidad de especies. Este índice, en los ecosistemas, toma un valor dentro de un interesante intervalo. El caso límite inferior es trivial: un sistema con diversidad nula no puede sobrevivir; la estabilidad de un ecosistema necesita un mínimo grado de barroquismo. El caso límite superior también es obvio: un sistema demasiado complejo se colapsa por sí mismo. La observación de la naturaleza parece situar dicho “número mágico” en unos 5 bits por individuo. La cuestión en este caso reside en encontrar un fundamento físico que explique esta acomodación estructural de los ecosistemas. En el modelo empleado por Wagensberg, el azar interviene por ser atribuible, en una visión darwinista, a los continuos errores que pueden afectar al código genético (mutaciones...). Wagensberg obtiene unos resultados aceptables con ciertos resultados experimentales. Para Wagensberg, “al azar le queda por lo menos un cartucho para quemar”. (WAGENSBERG, 1981)

Wagensberg continúa diciendo que existen varias teorías modernas que intentan acercarse a los conceptos de orden u organización y habla en concreto de dos. Una de ellas se trata de la *termodinámica no lineal de los procesos irreversibles (TNLPI)* (que valió a su mayor exponente, Ilya Prigogine el premio Nobel) y la otra es la *teoría de las catástrofes (TC)* (cuyo autor, René Thom, recibió por méritos anteriores, el premio equivalente en matemáticas: la medalla Fields). A pesar de ciertas convergencias entre ambas doctrinas, existe una total discrepancia en cuanto a la identidad del azar que incide en sus respectivos esquemas. (WAGENSBERG, 1981)

Según Wagensberg, la TNLPI “describe la aparición de nuevos estados de la materia en unas condiciones especiales de disipación y no linealidad de las fenomenologías. Las nuevas y sorprendentes organizaciones espacio-temporales, las llamadas estructuras disipativas, suponen auténticas rebeliones contra las ligaduras exteriores, en contraste con la adaptación a ellas que caracteriza el orden de Boltzmann. Esto justifica, quizá, el término de autoorganización que se suele aplicar a este caso”. En cuanto a la TC, Wagensberg indica que “trata de describir los procesos morfogenéticos de la naturaleza (los de embriología en general) en los casos en los que una variación continua de las fuerzas produce efectos de cambio brusco y discontinuo”. (WAGENSBERG, 1981)

Wagensberg, tomando como ejemplo la dinámica de reacción-difusión, indica que en la vecindad de una bifurcación interviene puntualmente el azar y son precisamente las fluctuaciones las que se erigen en protagonistas arrastrando el sistema por uno u otro camino. La variación de un cierto parámetro  $q$  del sistema permite obtener una estructura arbórea de bifurcaciones en cascada. Wagensberg recuerda que según Prigogine, esta visión introduce un concepto nuevo de “historia” en la física, “un concepto en el que azar y determinismo se reparten por igual la responsabilidad de la evolución: el azar decidiendo en las bifurcaciones, el determinismo en el trayecto que media entre cada dos de ellas”. Wagensberg recuerda que la misma teoría de Darwin, con mutaciones y todo, encaja cómodamente en este esquema. Pero lo que aquí le interesa remarcar a Wagensberg es la nueva convivencia azar-determinismo como continuación de una primitiva contraposición y una posterior subyugación. Las fluctuaciones y el esquema de las bifurcaciones se influyen mutuamente dejando el concepto de evolución abierto a cualquier innovación. Wagensberg continúa diciendo que, “en esta última adopción de la ciencia que triunfa en la descripción de las estructuras más sofisticadas, el azar recupera su libertad de acción, pero no hay razonamiento intelectual ni circunstancia experimental que, por el momento, nos indique si el azar corresponde a un desconocimiento del observador o de la propia naturaleza”. (WAGENSBERG, 1981)

Wagensberg acaba diciendo que el problema nace sin duda de la pretensión de construir una teoría única para el universo. Considera que no se podrá llegar a una teoría unificada de la naturaleza sólo con decidirse a favor de una de las dos respuestas alternativas en base de convicciones, sensaciones o intuiciones. Indica que actualmente no es una pregunta científica sino filosófica, no es una pregunta de la física sino de la metafísica. Cree que el ser humano aún no está en condiciones de hablar de la naturaleza científica del azar. Y a lo mejor resulta ser un concepto enfermizo e irrelevante. Wagensberg, indica que según comenta Thom, de momento se debe seguir manejando el azar de una manera pragmática. Si interesa mucho, se tratará a través de la probabilidad ya sea en forma determinista, estocástica o libre; si interesa poco, se despreciará y se le llamará el “ruido” que enmascara la señal. (WAGENSBERG, 1981)

Wagensberg publicó un artículo titulado *El azar creador*, donde se cuestiona si todo es ley. Daba dos más razones por las cuales es importante la aportación de la termodinámica de los procesos irreversibles. Por un lado, por la importancia del papel que esta disciplina confiere a la intervención del azar y, por otro lado, por la clase de fenómenos que describe: las autoorganizaciones de sistemas. Habla de la diferencia entre el azar epistemológico (el azar) y el azar ontológico (el Azar). Par él, “el Azar es una entidad metafísica, la contingencia pura que actúa ciegamente en el universo. El azar es un concepto del conocimiento y el azar lo es de las cosas y de los sucesos en sí”. Se cuestiona si el Azar es definible. Recuerda que no puede afirmarse que no existe una ley si la ley no se encuentra. Esto no le impide decir que todo pensador tenga su propia cosmología particular “condimentada al gusto propio con determinadas cantidades de azar y de Azar”. También indica que nadie es capaz de negar tampoco la viabilidad del determinismo que fundamenta la ciencia y la tecnología. Las posturas extremas son las más impopulares. (WAGENSBERG, 1982)

Wagensberg indica que existe un azar corrosivo y deshacedor contra el que luchan las leyes termodinámicas de la adaptación; (...) Pero también existe un azar creador y hacedor con el que especulan las organizaciones espontáneas lejos del equilibrio termodinámico y que representa a la inquietud innovadora y revolucionaria de los sistemas biológicos; es un azar necesario para la continua producción de nuevas estructuras. El azar creador es (algunos así lo pretenden) una idea para una nueva cosmología en la que determinismo y azar son no sólo compatibles sino aliados en la idea de explicar la naturaleza”. Se pregunta ¿en qué momento el azar burla una legalidad para someterse a otra?. (WAGENSBERG, 1982)

Wagensberg recuerda la gran diversidad de sentidos que el lenguaje común da a los términos. Recuerda las diferentes clases de azar distinguidas por Ernst Nagel (NAGEL, 1981). Centrándose en el azar ontológico ilustra los cuatro tipos de causa que distingue Ayer. Indica que la clasificación de Ayer no permite decidir sobre el concepto de causa puesto que las clases empleadas no son mutuamente excluyentes. Empleando la teoría de la información de Shannon y a partir de la idea de Chaitin-Kolmogorov da una definición de azar: “una serie de dígitos es aleatoria si el menor algoritmo capaz de generarla contienen aproximadamente los mismos bits de información que la serie misma”. (WAGENSBERG, 1982)



Para Wagensberg, intuitivamente se llama azar a la noción de incompresibilidad. El azar interviene si no existe un algoritmo sencillo que permita “comprimir” la información comunicada por una serie de bits. Para Wagensberg: “lo compresible es comprensible”.

Wagensberg recuerda que “la ciencia siempre controla un pedazo finito de una serie de realidad indefinidamente larga y gran parte de lo que entendemos por progreso científico consiste en el control de un pedazo cada vez más largo, es decir, en acceder a un conocimiento cada vez más preciso y más completo.” Recuerda que controlar no es desterrar por completo el azar sino asegurar que éste no supere cierto orden de magnitud. Afirma que existen ocasiones donde las fluctuaciones se amplifican. Cuando esto sucede las leyes ya no reproducen ni predicen. El azar se ha hecho entonces creador y causa, en los puntos de bifurcación, un nuevo orden por fluctuaciones que no es describible por el formalismo anterior. Según Wagensberg, el azar deshacedor se hace creador cuando las fluctuaciones crecen hasta el punto de ser decisivas. Para él, la presencia latente de fluctuaciones da la imagen de un universo siempre vivo y siempre dispuesto a contemplar un triunfo del azar. (WAGENSBERG, 1982)

Para Wagensberg, el mayor atractivo del orden por fluctuaciones reside en lo bien que encaja con la mentalidad darwiniana de la evolución. Un error en una copia genera una nueva especie que supone una fluctuación. La trascendencia de dicho error depende de si las condiciones son o no favorables. Las antiguas especies compiten con el error producido de manera que una coexistencia inicialmente estacionaria, puede desestabilizarse hasta el punto de que la nueva especie sustituya por completo a otra en el nicho ecológico. La no linealidad de los determinismos convierte al azar en creador, siendo algo inevitable e indeterminado en la evolución. (WAGENSBERG, 1982)

Wagensberg acaba diciendo que la ciencia es determinista y representa un intento por representar el mundo conocido a través de un sistema cerrado y perfecto. Indica que el hecho de que las sean deterministas no implica que lo sea la naturaleza. Recuerda que los indeterministas como Peirce, Popper o Compton y muchos físicos contemporáneos simpatizan mejor con la idea de un universo vibrante y “ruidoso” por naturaleza. Wagensberg se confiesa determinista y concluye: “personalmente pienso que una cosmología que cuenta con el azar creador es, aunque ello no sea motivo suficiente para asumirla, más refrescante y estéticamente más bella”. (WAGENSBERG, 1982)

J. Wagensberg, en el libro de título *Ideas sobre la complejidad del mundo*, se propone conocer la complejidad. Se plantea dos preocupaciones: el cambio y la relación entre los todos y sus partes. Según él, la primera se refiere a la estabilidad y la evolución, la segunda a la estructura y la función. (WAGENSBERG, 1985)

Wagensberg indica “que la cosmología moderna nos muestra una historia del universo en la privilegiada dirección de la complejidad creciente y que las complejidades de la física, la química, la biología, la sociología, el arte o la cultura, presentan componentes decisivos de aleatoriedad e irreversibilidad. No puede comprenderse la complejidad con una ciencia en la que tales componentes han sido excluidas previamente. Molestos conceptos, antaño omitidos por indeseables, deben ser rehabilitados e introducidos.” (WAGENSBERG, 1985)

El capítulo segundo de su libro está dedicado a la aportación más importante surgida en los últimos años para el conocimiento de la complejidad. Se trata, fundamentalmente, de la termodinámica de los procesos irreversibles y de la teoría matemática de la comunicación. Wagensberg indica que la evolución de la vida y de la mente es un caso de la general cuestión: sobre la interacción de las partes para la formación de un todo. Toda búsqueda está condicionada por lo que se espera encontrar. (WAGENSBERG, 1985)

En su libro hace también una crítica al método científico, en concreto en el capítulo 3. En ciencia no todas las preguntas tienen sentido. Cualquier pregunta es lícita, en principio, para un filósofo que sufre cuando una inquietud de su alma ni siquiera es formulable como tal. Los científicos colaboran fácilmente entre sí apoyándose en las limitaciones de los sistemas formales que de antemano acuerdan. Filosofar es una actividad íntima e individual que tiene mucho de expresión personal, pero que está, a pesar de todo, mucho más cerca del conocimiento científico que de la manifestación artística. Científicos y filósofos se tienen, por todo ello, una mezcla de mutua admiración y desconfianza. En tierra de nadie, o en tierra de ambos, habitan unos conceptos que reciben luz ora de un lado, ora del otro. Son conceptos fundamentales que, cuando de repente asoman por un lado de la frontera, provocan, en el otro lado, la duda o la crisis. El azar, la complejidad y la esencia del cambio serán aquí términos de esta clase. (WAGENSBERG, 1985, pág. 20)

El hombre, a lo largo de su vida se encuentra muchas veces con el azar. Wagensberg indica que, como resultado de todos estos encuentros, la actitud del hombre ante el azar es muy variada: duda, confusión, maravilla o miedo. La ciencia es uno de los caminos por donde huir de tales desasosiegos. He aquí un buen ideal científico: el retroceso del poder del azar en función del progreso del conocimiento. La ciencia declara la guerra al azar. (WAGENSBERG, 1985)

### 7.2.18 Contingencia

Según Ferrater Mora, en su Diccionario de Filosofía, dentro de la palabra Contingencia indica que: “Para Aristoteles, lo contingente, se contrapone a lo necesario.” Hay quien considera que 'Es contingente que  $p$ ' es lo mismo que 'Es posible que  $p$ '; otros estiman que 'Es contingente que  $p$ ' es equivalente a la conjunción: 'Es posible que  $p$ ' y 'Es posible que no  $p$ '. En la literatura lógica clásica es frecuente definir la contingencia como la posibilidad de que *algo* sea y la posibilidad de que *algo* no sea. Si el término 'algo' se refiere a una proposición, la definición corresponde efectivamente a la lógica; si 'algo' designa un objeto, corresponde a la ontología. Ferrater se refiere casi exclusivamente al aspecto ontológico del problema, según los filósofos medievales y del llamado filósofo de la contingencia: Boutroux. (FERRATER, 1994)

Ferrater Mora indica que solamente Boutroux tomó el concepto de contingencia como base para una completa filosofía. Boutroux manifiesta que las diversas capas de lo real son contingentes una con respecto a las otras. Si no hubiese tal contingencia no habría en el mundo novedad y no podría haber realidad. Si se afirma la necesidad absoluta se está obligado a «eliminar toda relación que subordina la existencia de una cosa a la de otra, como condición suya», es decir, se está obligado a suponer que «la necesidad absoluta excluye toda multiplicidad sintética toda posibilidad de cosas o de leyes» (*De la contingence des lois de la nature* [1874]; 10.a ed., 1929, pág. 7). La pura necesidad sería la pura nada. La necesidad «relativa» obliga a admitir la contingencia. Ésta aparece, pues, desde el instante en que se admite la síntesis. La síntesis surge ya en la aparente igualdad analítica que descompone un todo en sus partes. La relación entre el todo y las partes puede ser analítica. La de las partes con el todo es, en cambio, sintética. Como señala Boutroux, en una fórmula central para la comprensión de su tesis acerca de la contingencia «la multiplicidad no contiene la razón de la unidad». En el caso de que una unidad contuviese la razón de una multiplicidad, no podría contener la propia multiplicidad. Suponer otra cosa significa confundir la condición, y la condición *lógica*, con el fundamento real de la existencia de algo. No se puede, pues, como la teoría determinista (o «necesitaria») radical postula, deducir lo real partiendo de lo posible. (FERRATER, 1994)

Para que haya realidad hay que admitir algo nuevo que no se halla contenido en la posibilidad. Esta novedad contingente es lo que permite comprender la articulación del ser en realidades «ascendentes»: del ser se pasa, en efecto, a los géneros, de los géneros a la materia, de ésta a los cuerpos, de los cuerpos a los seres vivos, y de los seres vivos al hombre. La máxima contingencia coincidirá, pues, en este caso, con la máxima libertad, la máxima conciencia y la máxima realidad. Ahora bien, esta libertad y realidad máximas no son tampoco, como pudiera suponerse a primera vista, la arbitrariedad completa. En verdad, dice Boutroux, la libertad y la necesidad llegan a coincidir cuando «el ser está libre en lo absoluto y el orden de sus manifestaciones es necesario» (*op. cit.*, págs. 146-147). De ahí que la idea de necesidad no sea, en última instancia, más que la traducción a un lenguaje abstractísimo, de la acción ejercida por el ideal sobre las cosas y por Dios sobre las criaturas. Y de ahí también que la pura contingencia desemboque en una forma de ser que, por ser enteramente libre, se crea su propia ley, se realiza máximamente a sí misma y alcanza con ello un modo de «necesidad» que es el cumplimiento de sí y de todas sus posibilidades de auto-realización. (FERRATER, 1994)

### **7.2.19 Complejidad. El Caos como generador de orden**

Este apartado se ha realizado a partir de libro de Roger Lewin, de título *Complejidad. El Caos como generador del Orden*. (LEWIN, 1992)

En la evolución biológica, la experiencia del pasado está comprimida en el mensaje genético codificado del ADN. En el caso de las sociedades humanas, los esquemas son las instituciones, las costumbres, las tradiciones y los mitos, que constituyen en realidad, formas de ADN cultural. Los sistemas complejos adaptativos son buscadores de pautas. Interaccionan con el entorno, aprenden de la experiencia y, como resultado, se adaptan. Una red con 100.000 elementos, aproximadamente el número de genes del genoma humano, tiene 370 atractores, lo cual se acerca bastante al número conocido de tipos celulares. (LEWIN, 1992)

Al llegar cerca del límite y cruzarlo, de pronto hay un cambio de fase. Aumentar la complejidad significa tener menos referencias fijas. Pensar que todo es posible y tener la mente abierta permite aumentar la complejidad del sistema, haciéndole llegar a otros atractores no alcanzables por un sistema menos complejo. La propiedad clave del sistema es que las reglas locales, el número de entradas que cada gen recibe y las reglas para responder a ellas, generan un orden global en el sistema. Un orden espontáneo. Si la nueva ciencia de la complejidad tiene éxito, logrará un matrimonio entre la autoorganización y la selección. Será una física de la biología. (LEWIN, 1992)

John Von Neumann inventó los autómatas celulares en la década de 1950 en su búsqueda de máquinas autorreproductoras. Los autómatas celulares son una clase de sistema dinámico complejo. Progresan por medio de una serie de estados, en los cuales cada célula examina la actividad de las vecinas y reacciona de acuerdo con sus reglas. Por toda la red se desarrollan y vagan pautas dinámicas y complejas cuya naturaleza está influida, pero no estrictamente determinada en detalle, por las reglas de actividad. Hay que observar que la estructura global surge de las reglas de actividad local, una característica de los sistemas complejos. (LEWIN, 1992)

Los matemáticos ya sabían que muchos sistemas dinámicos presentan tres clases de comportamiento: fijo, periódico y caótico. Wolfram dio con un cuarto tipo, intermedio entre el comportamiento caótico y el fijo o periódico. En este comportamiento se obtiene el procesamiento universal de información. “En el mundo físico se ven todo tipo de transiciones de fase. Las membranas celulares están en precario equilibrio entre un estado sólido y uno líquido. Cualquier pequeña alteración en la misma puede producir grandes cambios biológicamente útiles. Estar en el punto de transición entre el orden y el caos no sólo te proporciona un perfecto control –pequeña entrada/gran cambio –, sino que también proporciona la posibilidad de que el procesamiento de información pueda llegar a ser una parte importante de la dinámica del sistema. (“El límite del caos”). (LEWIN, 1992)

Norman estaba interesado en la dinámica evolutiva y los aspectos creativos del caos. El caos crea una infinidad de pautas y nunca se sabe lo que va a pasar después. Esta creatividad de la evolución, que empezó con una sopa química hace miles de millones, ha llevado al ser humano y la naturaleza a su estado actual. (LEWIN, 1992)

El descubrimiento de que el procesamiento universal de información está en equilibrio entre el orden y el caos en los sistemas dinámicos fue importante en sí mismo, con sus analogías con las transiciones de fase del mundo físico. Sería hartamente interesante que los sistemas complejos adaptativos estuvieran inevitablemente situados en el límite del caos, el lugar de máxima capacidad para el cómputo de la información; podría considerarse entonces que el mundo explota la dinámica creativa de los sistemas complejos. (LEWIN, 1992)

Indica que el artículo de Norman “Adaption Toward the edge of Chaos”, es un hito en la aparición de la ciencia de los sistemas adaptativos. En este artículo, el autor quiso demostrar que los sistemas complejos se adaptan hacia el límite del caos. El logro capital fue sin duda la demostración de que un sistema complejo adaptativo no sólo se desplaza hacia el límite del caos, sino que también refinaba la eficacia de sus reglas a medida que lo hacía. (LEWIN, 1992)

Los biólogos tienen el efecto reina roja: las especies del depredador y la presa tienen que correr evolutivamente para conseguir permanecer en el mismo sitio. Si en lugar de un par de especies se tiene un centenar, se obtienen un centenar de paisajes acoplados, interacciones por todas partes. La adaptación colectiva con fines egoístas produce la máxima eficacia biológica promedio. Esto es mini-Gaia. Lo maravilloso es que se puede ver que la adaptación lleva al sistema al límite del caos. (LEWIN, 1992)

Pero ha desarrollado la hipótesis de que los grandes sistemas interactivos evolucionan de modo natural hacia un estado crítico. Los sistemas que han alcanzado este estado crítico exhiben una propiedad muy característica. Si se perturba un sistema de éstos muchas veces se obtiene una gama de respuestas que puede describirse con una ley exponencial; es decir, las respuestas grandes son escasas, las pequeñas son comunes y en medio se sitúan las respuestas intermedias. Per tenía una asombrosa analogía visual para un sistema en estado crítico: un montón de arena. Las avalanchas de toda la gama de tamaños, provocadas por perturbaciones de la misma magnitud (otro grano de arena), representan una distribución exponencial de la respuesta: la marca de un sistema que ha alcanzado él sólo el estado crítico. Que ha alcanzado él sólo, quizás, el límite del caos. (LEWIN, 1992)

Según Francisco Ayala: “La capacidad de obtener y procesar información sobre el entorno, y reaccionar de modo adecuado, es una adaptación importante porque permite que el organismo busque entornos y recursos adecuados, así como evitar los inadecuados”. (LEWIN, 1992)

Ed Wilson también considera el procesamiento de información como una medida de la complejidad. “La supervivencia tiene que ver con la captación de información acerca del entorno y con responder de forma apropiada”, respondió Norman. El procesamiento de la información es una propiedad fundamental de los sistemas complejos adaptativos, que, se optimiza en el límite del caos. Cualquier sistema complejo adaptativo puede procesar información: ése es el punto clave. No hace falta un cerebro para procesar información en la manera expuesta. “Los sistemas biológicos son dinámicos, no se predicen con facilidad y son creativos de muchas maneras. La ciencia de la complejidad permite ver el mundo como *creativo*”. (LEWIN, 1992)



## 7.2.20 Resumen

En **7.2.1 Introducción** se ha indicado que el ser humano está rodeado por el azar. Se viene al mundo sin elegirlo. El espermatozoide que alcanza el óvulo es uno entre millones. El ser humano no elige su cuna, su familia, su sociedad... Está rodeado de circunstancias imprevisibles. La incertidumbre es una regla, no una excepción. No sabe cuándo nace ni cuándo muere. Según Fernando Savater: “Ya Montaigne se preguntó, glosando a Cicerón, que cómo el azar no va a tener una parte decisiva en nuestras vidas, cuando vivimos por azar”.

En **7.2.2 El azar y la evolución: la evolución contingente** se indica que la teoría de la evolución, aparecida en el siglo XIX, contradice el origen divino del *Génesis*. La teoría de la evolución ha pasado por diferentes visiones, siendo *El Origen de las especies* de Darwin un hito importantísimo. La primera, el “*diseño de mecanismo de relojería*”, o *fijismo*, atribuye la evolución a un diseño divino. En la segunda, la “*evolución programada*”, *transformismo* o *necesidad sin azar*, la evolución es predecible. *El Origen* introduce la tercera visión, la “*evolución contingente*”. La evolución es producto del *azar* y la *necesidad*, de variaciones fortuitas y selección natural. Proceso incierto dado el alto número de factores que influyen en la supervivencia de un individuo. Toma un papel creativo, *crea a los adaptados*. Introduce la incertidumbre o contingencia en la biología. La teoría de Darwin se ha ido remodelando, apareciendo teorías mejoradas y más complejas:

La *Nueva teoría sintética*, se basa en: interacciones entre organismos y entornos, continuidad de la herencia y la tradición cultural, y regularidades alteradas por azar. Hay unanimidad en la existencia de una cierta “*cantidad de azar*”. Existen, incluso, teorías que defienden enfoques estocásticos, donde el azar es el “guía” de la evolución.

La *sociobiología* estudia las bases biológicas del comportamiento social. El ser humano no es un autómatas genético; la transmisión cultural es relevante. Lo sustantivo del ser humano no son los genes, sino los *memes*, los reduplicadores culturales. Existe una *coevolución*, una relación entre evolución genética y cultural. Las unidades básicas de la cultura, *culturgen*, y de la evolución orgánica se interrelacionan.

Al no existir una “teoría” única de la evolución se argumenta que existe una **ciencia de la evolución**, con factores como el organismo, el ambiente, la variación genética y el azar. Según Prigogine: “(...) la racionalidad ya no debe seguir identificándose con certeza, ni la probabilidad con ignorancia. A todos los niveles, la probabilidad juega un papel esencial en los mecanismos evolutivos”. La evolución se aplica a las especies biológicas, al cosmos, las sociedades, las organizaciones, la mente, la ciencia, la tecnología: todo ha evolucionado. Nada se halla exento de ulterior evolución.

Todo esto lleva a una **“síntesis general de la evolución”** con una nueva visión de la naturaleza: el **paradigma evolucionista**. Estudia los sistemas abiertos alejados del equilibrio termodinámico, más complejos y dinámicos. Esta **“visión evolucionista”** asume una evolución basada en procesos aleatorios, al azar. Hay dos tendencias: la tendencia a la “materia”, la repetición, la necesidad; y la tendencia a la “vida”, la novedad. La evolución es consecuencia de un **impulso vital (élan vital)**, que busca formas renovadas de estructura organizada. La evolución es el resultado de este juego entre opuestos, entre el impulso vital que produce formas aleatoriamente, y las leyes que controlan los procesos. Hay un elemento de azar, pero también hay pauta y regularidad.

El **paradigma evolucionista** modifica la concepción determinista. Las ciencias evolucionistas son dinámicas; estudian procesos y relaciones y no estructuras o estados; se preocupan de sistemas autoorganizados, no de mecanismos; tratan estados de equilibrio dinámico en situaciones alejadas del equilibrio. Los sistemas evolutivos son dinámicos, alineales e indeterminados. Tienen una “propiedad de divergencia”. “La evolución siempre es posibilidad, nunca destino. Su curso es lógico y comprensible, pero no está determinado, y, por tanto, no es previsible”. Se observa un aumento del nivel organizativo y la existencia de niveles jerárquicos (moléculas, macromoléculas, células, organismos...). Se caracterizan por la indeterminación, la aleatoriedad y cierto grado de caos. El azar de las fluctuaciones no permite realizar una previsibilidad de la trayectoria evolutiva. La evolución avanza, con azar e indeterminación, hacia niveles de mayor organización y complejidad. Los sistemas vivos para sobrevivir necesitan copiar y reproducir su estructura: son **“autopoiéticos”**, autocreativos, como las células, los órganos, los organismos y las sociedades de organismos. Se renuevan, se recomponen y se duplican o reproducen.

La mente y la cultura coevolucionan con la técnica y la sociedad. Conforme evoluciona la sociedad tecnológica, se desarrolla también la mente humana, y ambas evolucionan como lo hacen en la naturaleza los sistemas alejados del equilibrio: hacia mayor complejidad y autonomía en interacción con el medio. La propia teoría de la evolución está en evolución. Se ha mostrado una representación todavía inacabada, con un sinnúmero de actores. Pero ha permitido vislumbrar que entre bastidores se esconde un personaje difícil de identificar pero con un papel muy importante: el azar. No puede concebirse una evolución sin azar.

En el apartado **7.2.3 Dando paso al azar** se ha indicado que antes de Darwin, el azar se consideraba consecuencia de la ignorancia, de la falta de conocimiento, era un azar *epistemológico*. El azar posterior, es un azar creador, es un azar *ontológico*. Es un azar que crea, que genera orden, que evoluciona. Por mucho conocimiento que se tenga, siempre existirán ambos tipos de azar: la ignorancia y la capacidad de novedad.

Se considera que este azar ontológico ya existía antes de Darwin. Según el *principio antrópico débil* las condiciones iniciales del *big bang* sólo podían ser unas, muy precisas y determinadas. Según el *principio antrópico fuerte*, o bien existen muchos universos, o bien existen muchas regiones diferentes dentro de un único universo, muchos mundos diferentes dentro de un solo universo. Detrás de estos dos principios se oculta la pregunta de si el universo es fruto de un ser superior o el resultado de una casualidad, una simple coincidencia del azar. Desde ese momento inicial, el ser humano ha vagado bajo una sombra de incertidumbre y aleatoriedad, cubierta por un manto de determinismo, que indica que todo está determinado, incluso el propio destino. La misma mecánica cuántica introduce un elemento inevitable de incapacidad de predicción; predice un cierto número de resultados posibles con sus probabilidades asociadas; introduce una aleatoriedad en la ciencia. Así pues, el azar pudo ya tener un papel muy importante en la formación del universo conocido.

En el apartado **7.2.4 El pensamiento salvaje: Ciencia, Magia y Religión** se ha indicado que ya en la prehistoria, los útiles de piedra siguieron una evolución comparable a la indicada por la *teoría de la evolución*. Cada útil posibilitaba la existencia de un útil mejorado. La evolución de útiles paleolíticos fue progresiva e incremental.

La vida no le es dada al ser humano. Desde su origen, se encuentra en una constante búsqueda, de su entorno y de sí mismo. El ser humano tiene que autofabricarse, autoinventarse. Cada uno debe fabricar su propia vida. La vida es producción, una producción que exige la necesidad de pensamiento, de la teoría y de la ciencia. La vida es *“técnica”*. El ser humano es, por naturaleza, técnico. La existencia humana es un problema casi de ingeniero. La capacidad técnica aparece en una inteligencia al servicio de la imaginación, de una imaginación creadora de proyectos vitales.

Esta actitud “técnica”, curiosa, es propia del ser humano. La gran búsqueda del ser humano es predecir que pasará mañana, por esto ha descubierto la ciencia, la magia y la religión. Todos los pueblos primitivos han tenido a las tres. Siempre ha existido lo Sagrado y lo Profano. Todas ellas buscan conocer y alterar el curso de la naturaleza para alcanzar fines prácticos. Las tres son parientes, pues, han nacido del ser humano y buscan lo mismo: “domeñar los elementos de suerte y azar existentes en la naturaleza”. Buscan encontrar un determinismo que les ayude a superar la incertidumbre. El ser humano ha buscado constantemente “herramientas”, como la ciencia, la magia y la religión, que le ayuden a fabricar su vida, a aumentar su conocimiento y capacidad predictiva. Hay momentos en los que incluso concluye *“sólo sé que no se nada”*. ¿No será por la existencia de la casualidad y el azar en la vida?

En **7.2.5 ¿Qué es la Ciencia?**, se indica que deben reconocerse los grandes avances aparecidos como consecuencia de aplicar la ciencia y su método. Por otro lado, hay *dudas* sobre los *efectos secundarios* que pueden aparecer. Hay casos en los que éstos han sido perjudiciales. Es difícil para la ciencia predecir cuales son las posibles consecuencias. La humanidad se plantea si deben ponerse límites éticos a la ciencia.

El ser humano intenta imponer la *“razón”*. La razón ha sido y es muy útil. Acostumbra a ir asociada a *computación*. Parece que todo lo razonable se puede calcular, computar, cuantificar; por tanto, si se conoce la fórmula, se conoce el resultado. Pero, según

Penrose: “¿No es obvio que la simple computación no puede provocar placer o dolor; que no puede percibir la poesía, o la belleza del cielo al atardecer, o la magia de los sonidos; que no puede tener esperanza o amar o desesperar; que no puede tener un objetivo genuino autónomo?”. No todo es razón. Existen los sentimientos. Además, la razón no es tan “lógica” ni precisa como se supone.

La ciencia se diferencia de la religión en que ésta es dogmática; la ciencia no. La ciencia ha sustituido, en múltiples ocasiones, teorías erróneas por otras mejores. Estas rectificaciones la han llevado a abandonar la búsqueda de “la verdad absoluta”, por una verdad circunstancial y temporal, relativa, una *“verdad técnica”*. La ciencia ha dejado de lado la magia y la religión, por que no se basan en la razón lógica, pero, curiosamente, hay un alto número de científicos que también son creyentes. Los científicos alternan actividades científicas, racionales, con otras no racionales. Cuando hacen una, ¿no hacen la otra? ¿Ambas se excluyen, se alternan o se combinan?

La ciencia avanza a medida que aparecen nuevas hipótesis, que tras su verificación, generan nuevas leyes o cambian las existentes. No existe un método para generar hipótesis. Su generación tiene un gran componente intuitivo e irracional. La investigación y el trabajo científico no es errático, sino metódico, ahora bien, la generación de hipótesis no es así. La razón es válida para juzgar no para sugerir. La razón es como una regla: mide pero no inventa. Las hipótesis, como las actividades inventivas, requieren buscar fuera de los caminos habituales, y esta búsqueda no emplea métodos racionales. Para que una idea sea creativa, una vez aceptada debe parecer fruto de la racionalidad y de la lógica, pero en su origen es irracional, y suele ser descartada *“por ser ilógica”*. Las inferencias hipotéticas son una mezcla de conocimiento, observación e imaginación. Las dos primeras son racionales, pero no así la tercera. Las ideas nacen en la imaginación. La irracionalidad es fuente de novedad. Muchos científicos afirman que las hipótesis no son fruto de una investigación intencionada.

La ciencia se basa en el principio de causa-efecto. Su método emplea tres etapas: observación, hipótesis y verificación. De las tres, la única totalmente racional es la verificación. El “método” se presta más al análisis en *el “contexto de justificación”* que en el de descubrimiento.

Hay dos fuentes de incertidumbre empírica: la *subjetividad* y la *contingencia*. El conocimiento debería ser objetivo; el juicio humano y su interpretación intervienen siempre. El fenómeno observado puede ser debido a una causa accidental. Por eso se requiere la experimentación. El conocimiento nunca está seguro de tocar la realidad.

La ciencia debería derivar de los hechos. Hay grandes críticas sobre la naturaleza de los hechos y de cómo se derivan las leyes. Cada observador tiene diferentes experiencias visuales. Para “objetivar” los datos se debe experimentar con sofisticados sistemas susceptibles de error. Los hechos no son, pues, dados por los sentidos, son “*prácticamente contruidos*” e inseguros. Los datos suelen depender de la teoría que se quiere demostrar, son falibles y revisables.

La ciencia pasa de los hechos a la teoría. Mientras que los hechos son individuales y particulares, las teorías son generales y universales. Esto lleva a dudar de la inducción. La *inducción*, hacer proposiciones generales a partir de un número finito de ejemplos, no tiene la misma categoría lógica que la *deducción*, dar ejemplos particulares a partir de una proposición general. La lógica y la deducción no establecen la verdad de enunciados fácticos. La lógica por sí sola no es fuente de nuevas verdades. Como la lógica no puede predecir, no es probable que se pueda ser creativo empleando la lógica. Además, si una propuesta creativa no proviene de la lógica, la lógica sola en muchos casos no puede anularla. Sólo debería eliminarse una idea tras su verificación, nunca “porque parece ilógica”. La irracionalidad genera hipótesis que al principio son ilógicas, la razón las verifica. Cuanto más ilógica, más novedad esconde. El conocimiento científico no deriva de los hechos, si se interpreta como “deducir lógicamente”.

Para justificar la inferencia inductiva deben satisfacerse estas condiciones: El número de observaciones debe ser grande, se deben repetir en una amplia variedad de condiciones y ningún resultado debe entrar en contradicción con la ley derivada. El requisito de que todo conocimiento se justifique por inducción no puede cumplirse. Además del *problema de la inducción*, las inferencias inductivas no son inferencias lógicas. El conocimiento contemporáneo se refiere a lo *inobservable* (protones, genes). Las fórmulas son *leyes exactas* matemáticamente. Es difícil entender cómo justificar leyes exactas con evidencias inexactas. El conocimiento científico es *probablemente* verdadero. Los argumentos inductivos llevan a una *verdad probable*.

Es difícil no concluir que una ley general tiene **probabilidad nula**. Cualquier evidencia consta de un número finito de observaciones, mientras que una ley general hace afirmaciones acerca de un número infinito de casos posibles. La probabilidad de la ley es un número finito dividido por infinito, lo cual es cero por mucho que aumente el número de pruebas. Los valores empíricos **dependen del tiempo**. El conocimiento cambia en el tiempo. La verdad es contextual, es relativa al sistema que se utilice en la atribución de valores veritativos. Incluso las predicciones astronómicas se hacen bajo la cláusula **rebus sic stantibus** (tal como ahora están las cosas) o **ceteris paribus** (si todo lo demás permanece igual). Aunque las leyes sean “seguras”, las condiciones marginales pueden haberse desplazado tanto, que el suceso predicho ya no pueda producirse.

Por tanto, como las predicciones son inseguras, puede preguntarse si **en general pueden ser objeto de la ciencia**. La ciencia trabaja con hechos. Los hechos se dan en el presente y en el pasado, **no en el futuro**. Las predicciones nunca pueden aplicar el acto de conocimiento a estados de cosas futuros. Se necesitan hacer prognosis; pero las prognosis no son ningún enunciado científico y por eso no tienen ninguna importancia para la ciencia misma. Una proposición general cuya veracidad no puede probarse es “sumamente probable”. Esto es una confesión de incertidumbre o ignorancia. Este tema vuelve a su punto de partida, que es la utilización del vocablo “probabilidad” para representar algún **grado relativo de “verdad”** o de “**creencia racional**”.

En **7.2.6 El teorema de Gödel**, se ha indicado que las conclusiones establecidas por Gödel son de una gran trascendencia y reconocidas como verdaderamente revolucionarias por su honda significación científica y filosófica. El trabajo de Gödel demostró que no es posible asentar sobre una base axiomática todas las ramas del pensamiento. Demostró que es **improbable** poder dar una prueba finitista de la **consistencia** de la aritmética y que ésta es un conjunto **esencialmente incompleto**; aun cuando se introduzca un nuevo axioma, el conjunto aumentado sería todavía insuficiente para producir **todas** las verdades aritméticas. En otras palabras: existen proposiciones aritméticas verdaderas que no pueden ser derivadas y no existe un conjunto de axiomas a partir del cual pueda derivarse formalmente **toda** proposición aritmética verdadera. Demuestra la **imposibilidad de demostrar** ciertas proposiciones dentro de un determinado sistema. Muestra que la deducción de teoremas no puede mecanizarse. Justifica el **papel de la intuición** en la investigación de cualquier campo.

Gödel está “convencido de que, además del mundo de los objetos, existe un mundo de los conceptos al que los humanos tienen acceso por intuición”. No se puede poner límites a la inventiva. El intelecto humano no puede ser formalizado, existiendo siempre la posibilidad de descubrir nuevos principios. Según Isaza: “tanto las teorías de caos y complejidad, como el teorema de Gödel, lejos de limitar la mente humana, permiten deducir que el sistema de pensamiento es más completo y complejo, y que la lógica y el determinismo son solo una parte de los procesos mentales”. Según Hofstadter “ahora entendemos que la mente humana no es fundamentalmente una máquina lógica, sino una analógica, una máquina de aprendizaje, una máquina de intuición, movida por la estética, con posibilidades de autocorrección”. Según Newman es “una ocasión no para el desánimo, sino para una apreciación renovada de los poderes de la mente”. Una capacidad exclusivamente humana es hacer preguntas. Hacerse preguntas, plantear hipótesis, es entrar en la mente “saltándose los axiomas”. Según Wagensberg: “el progreso del conocimiento, se mide mucho mejor por la historia de las preguntas que por las respuestas”.

Según el teorema de Gödel un ordenador con un sistema operativo determinado no puede detectar todos los virus que se introducen en su interior. Si este sistema operativo fuera capaz de automodificarse para detectar estos virus siempre existiría algún virus indetectable. El ordenador no puede “comprender” todos los programas que se le introducen. De la misma forma, el ser humano no puede llegar a todos los rincones de su mente de una forma totalmente autónoma o lógica. Cuando alguien tiene un problema y no sabe como solucionarlo, puede que su “sistema axiomático” no le permita llegar a una solución. Una forma de solucionarlos es hablar con otros individuos. Esto tiene que ver con el teorema de Gödel. La comunicación con otros individuos permite desbloquear a la mente, se amplían los axiomas. Es como cambiar el sistema operativo; de esta forma se puede detectar, entender y “reparar” el “virus”, que afecta al individuo.

En la invención sucede lo mismo. Las ideas geniales se pueden “forzar”, buscando relaciones fortuitas, por azar, que salten los encadenamientos lógicos de los “sistemas operativos” o “axiomas”, que condicionan la solución lógica pero no novedosa. Estos “saltos mentales” pueden generarse individualmente o en grupo. Se verá más adelante cómo. Lo importante aquí es ver que la lógica matemática demuestra que es posible.



El teorema de Gödel indica que gran parte de las zonas “huecas” existentes en el espacio del conocimiento, sólo son accesibles por medios intuitivos, imaginativos, irracionales, nunca por medios racionales o lógicos sin alterar los axiomas establecidos. Según Perkins “(...) muchos problemas son razonables. Cabe razonarlos paso a paso hasta llegar a la solución. Pero ciertos problemas son irrazonables. No se prestan a una reflexión por etapas. Es preciso entrar a hurtadillas en su interior”.

En el apartado **7.2.7 Evolución de la Ciencia en el siglo XX** se han descrito algunos acontecimientos científicos acaecidos durante el siglo XX. Éste ha sido un siglo que ha cambiado muchos esquemas. Fruto de este siglo es: la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica, los sistemas dinámicos no lineales, las teorías del caos, los procesos termodinámicos irreversibles y alejados del equilibrio, la cibernética, la teoría de sistemas, la teoría de la información, los sistemas auto-organizados y autopoieticos. Teorías que han dejado de lado el laplaciano enfoque determinista, pasando a una situación donde la indeterminación, la complejidad y el azar juegan papeles muy importantes. La ciencia del siglo XX demuestra que el azar, el desorden y la irracionalidad tienen, al menos, igual importancia que el orden, la certeza y la razón.

En **7.2.8 Crisis del determinismo. Cambio al paradigma sistémico. El pensamiento complejo** se indica que el determinismo ha sido desplazado por nuevas teorías con visiones sistémicas, holistas o complejas. Hay una coexistencia “orden”/“desorden”. Esta combinación crea situaciones nuevas. Ante la pregunta de si saldrá el sol mañana, la parte racional, simplista, pragmática, determinista ... sugiere una respuesta afirmativa. La otra parte, la sistémica, compleja y ambivalente sugiere reservarse la respuesta indicando que muy probablemente saldrá mañana. Este universo en constante evolución hace que se viva sin tener respuestas absolutas, sin tener respuestas para todo.

La ciencia es una invención cultural, probablemente la más poderosa de la humanidad, fruto de la tendencia a la simplificación y el reduccionismo. Ha sido muy útil, pero, actualmente existen otros planteamientos o modos de pensamiento que pueden ser complementarios al modo de pensar de la Ciencia. El reduccionismo considera que todo se puede reducir a la física, pero al aumentar la complejidad aparecen las limitaciones de este reduccionismo, y, por tanto, del método científico. Es, en estas situaciones de alta complejidad, donde el enfoque sistémico deja de lado las propuestas reduccionistas.

Las *ciencias restringidas* estudian los fenómenos que permiten realizar experimentos. En las *ciencias no restringidas* los fenómenos son tan complejos que no es posible diseñar experimentos bajo control y donde los factores exógenos dominan la situación. En ellas las hipótesis requieren una revisión continuada, perdiéndose la eficacia del método científico. Llevan al concepto de “*complejidad organizada*”: existe una jerarquía de niveles, cada nivel superior tiene propiedades emergentes, inexistentes e incomprensibles para los inferiores. Hay diferentes jerarquías con complejidades diferentes; con lenguajes propios. Está demostrado que la complejidad está relacionada con el concepto de azar. Los sistemas complejos están poco determinados. Su constitución no obedece a leyes deterministas, sino que el azar juega un papel preponderante en su estructuración y evolución. Se han formulado definiciones de aleatoriedad en términos de una medida de complejidad. La complejidad ha hecho renacer la vieja polémica entre azar y necesidad, determinismo e indeterminismo. Las nuevas ideas de la complejidad distinguen entre el azar epistemológico y el azar ontológico; el azar asociado a la ignorancia y el azar absoluto, natural e irreductible. El azar se entiende mejor pero aún no se comprende por completo.

En el apartado 7.2.9 El Pensamiento complejo se ha indicado que la aparición en el último cuarto del siglo XX de la Ciencia de la Complejidad y el Pensamiento Complejo han permitido ver la ciencia y la naturaleza de forma muy diferente a la clásica visión de la naturaleza. La ciencia reduce la complejidad de los fenómenos para revelar el orden al que obedecen. Este “*paradigma de simplificación y de disyunción*” ha aislado entre sí a los grandes campos del conocimiento científico: la Física, la Biología, la ciencia del ser humano. Esta disyunción reduce lo complejo a lo simple y lleva a fórmulas que simplifican y mutilan la realidad. La complejidad es un tejido de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: el tejido de eventos, acciones, interacciones, determinaciones, azares, que constituyen el mundo fenoménico. La complejidad presenta lo enredado, lo inextricable, del desorden, la ambigüedad, la incertidumbre.

Los seres vivos tienen estructuras que cambian mientras los constituyentes cambian. La autoorganización es una propiedad natural de los sistemas complejos. Las leyes de organización de lo viviente son de desequilibrio y dinamismo estabilizado. El sistema viviente, la *auto-organización*, al mismo tiempo que se desprende del ambiente, de allí su autonomía, se liga a él al aumentar el intercambio: es *auto-eco-organizador*.

El orden auto-organizado se complejiza más a partir del desorden, a partir del “ruido”. La complejidad no comprende sólo grandes unidades e interacciones que desafían las posibilidades de cálculo; comprende también incertidumbres, indeterminaciones, fenómenos aleatorios. La complejidad *siempre está relacionada con el azar*.

La complejidad no se reduce a la incertidumbre, *es la incertidumbre en el seno de los sistemas organizados*. La complejidad es una mezcla de orden y desorden, combina un elevado número de interacciones con la aleatoriedad. Fenómenos inexplicables, como la libertad, la creatividad, la invención, son pruebas de la auto-organización existente en los seres vivos. En el ser humano se combina con la complejidad del cerebro humano: la *hipercomplejidad*. Con la teoría de la auto-organización y la de la complejidad, se emparejan la Biología y la Antropología. La conciencia es una propiedad emergente de la autoorganización. El sistema auto-organizador tiene necesidad de la indeterminación y del azar para su propia auto-determinación.

Esto se observa en la *relación invento/inventor* o creador/creación. La interrelación objeto/sujeto se refleja en las constantes preguntas/respuestas hechas por el inventor, antes y durante la búsqueda de un nuevo invento, y que a su vez transforman tanto al inventor como al invento. Se transforman mutuamente, se autoorganizan. El inventor aumenta su conocimiento y el invento se transforma. No tiene fin. Por lo tanto, forma parte de la creatividad, como consecuencia de su complejidad, el azar y la aleatoriedad.

Según Morin “se trata no solamente de reconocer la presencia, sino de integrar, a lo aleatorio, tanto en su carácter de imprevisibilidad, como en su carácter de evento. Se trata al menos de reconocer aquello que ha quedado siempre silenciado en las teorías de la evolución: la inventividad y la creatividad. La ciencia clásica había rechazado al accidente, al evento, a lo aleatorio, a lo individual. Se trata, pues, de desarrollar, más allá del reduccionismo y del holismo, la idea de unidad compleja.”

El teorema de Gödel vale a fortiori para todo sistema teórico: demuestra que en un sistema formalizado hay por lo menos una proposición indecidible. Abre una brecha en el sistema; se vuelve incierto. La proposición puede ser demostrada en otro sistema, pero éste tiene también una brecha lógica. Aparece una incitación que hace progresar al conocimiento y, al mismo tiempo, una nueva ignorancia o desconocimiento.

La agitación y el encuentro al azar son necesarios en el universo. Orden y desorden interactúan. Vivir es morir y rejuvenecerse sin cesar. Se vive de la muerte de las células; una sociedad vive de la muerte de sus individuos, se rejuvenece y transforma. Un inventor crea nuevas ideas matando viejas. El diálogo inventor/invento realimenta a ambos, les hace nacer/crecer/morir/renacer. La mente, la imaginación, debe “rejuvenecerse” para que nazcan ideas nuevas. Es la vida y muerte de las ideas, de la invención, de toda creación. Es el *principio dialógico* de Morin: dialéctica orden-desorden. Es el *principio de recursividad organizacional*: productos y efectos son causas y productores. Esta retroalimentación produce ciclos auto-constitutivos, auto-organizadores y auto-productores. Es el *principio hologramático*: La parte está en el todo y el todo está en la parte. Cada célula contiene toda la información genética del organismo. Ningún sistema es capaz de auto-explicarse totalmente a sí mismo ni de auto-probarse totalmente. Estos tres principios ayudan a pensar la complejidad.

Toda acción es una decisión, es una apuesta, contiene la idea de riesgo e incertidumbre. La acción es *estrategia*: imagina escenarios modificables según los acontecimientos. La estrategia requiere plasticidad, no lucha contra el azar, lo utiliza. La estrategia saca ventaja del azar. Una buena estrategia utiliza los errores del adversario. El azar no es sólo un factor negativo, es también la suerte a ser aprovechada. Toda acción impone una conciencia de los elementos aleatorios, las derivas, las bifurcaciones, e impone la reflexión sobre la complejidad misma. La acción escapa a las intenciones. En cambio, para las secuencias situadas en un ambiente estable, conviene utilizar *programas*. El programa no obliga a estar vigilante. El pensamiento complejo crea estrategias; ayuda diciendo: “No olvides que la realidad es cambiante, no olvides que lo nuevo puede surgir y, de todos modos, va a surgir”, seguramente, por donde no se espera.

Morin indica que: *El todo es más que la suma de las partes que lo constituyen*. Es una especie de principio de construcción (creación): con diferentes componentes se realiza un conjunto. *El todo es menos que la suma de las partes*. Es una especie de principio de reconstrucción (recreación): con las mismas parte se puede hacer un conjunto diferente. *El todo es más y, al mismo tiempo, menos que la suma de las partes*. Es una especie de principio de Creación con mayúscula (autocreación/retrocreación): agrupa la construcción (creación) y la reconstrucción (recreación). Constructor y construcción se recrean y retrocrean, entre sí, constantemente y a lo largo del tiempo.

El universo es orden, desorden, organización y azar. No se puede eliminar lo aleatorio, lo incierto, el desorden. El *orden* es repetición, constancia, invariabilidad, todo lo cabe bajo una relación altamente probable, bajo una ley. El *desorden* es todo aquello que es irregularidad, desviación con respecto a una estructura dada, elemento aleatorio, imprevisibilidad. En un universo de orden puro, no habría innovación, creación, evolución, no habría existencia viviente. Del mismo modo, ninguna existencia sería posible en el puro desorden, no habría ningún elemento de estabilidad.

Según esto: la razón (consciencia) genera programas y la intuición (inconsciencia) genera estrategias. Es la complejidad humana (el ser humano y su cerebro) quien por medio de la inteligencia y la creatividad, consciencia/inconsciencia, lógica/intuición, mente/corazón, razón/sentimiento, combina programas con estrategias para resolver sus conflictos. Lo importante son las relaciones: en una organización, sociedad, empresa, obra de arte, creación... son complementarias y antagonistas al mismo tiempo. El desorden da vida al orden. Cuanta más complejidad, más diversidad hay, más interacciones, más aleatoriedad, es decir, la muy alta complejidad desemboca en la desintegración. El *tetragrama orden/desorden/Interacción/organización* no puede ser comprimido. No se puede reducir la explicación de un fenómeno ni a un principio de orden puro, ni a un principio de puro desorden, ni a un principio de organización último.

En 7.2.10 Azar, caos e indeterminismo se indica que en 1988 se realizó, en la Universidad de Zaragoza, un Seminario sobre *Azar, Caos e Indeterminismo*. Centró su interés en teorías sobre el azar, el indeterminismo y el caos. Estos conceptos “han ido transformando nuestra concepción del mundo y de la ciencia, llegando a construir un paradigma que compite –si no domina – al viejo determinismo mecanicista”. Se añade: “La misma ciencia presenta una alternancia de órdenes deterministas e indeterministas a diversos niveles macro y microfísicos, de modo que aparentes órdenes sensibles son resultado de sustratos azarosos, y aparentes desórdenes resultan de la intersección de órdenes deterministas”. Hay dos tendencias: “por un lado, la tendencia a la degradación, a la absorción del orden dentro del desorden, o de las diferencias dentro de las indiferenciación (...); y frente a ella, la dirección del crecimiento del orden, de estabilización de órdenes generados al azar, que a su vez posibilitan nuevas combinaciones y nuevos órdenes en su camino ascendente cuyo final escapa a la imaginación.”

Dada la existencia de procesos indeterministas surge la cuestión de si se deben a la ignorancia en hallar las leyes deterministas del proceso, aparentemente aleatorio, o bien, dichas leyes no existen por existir un azar ontológico. Esto lleva a dos actitudes: *deterministas versus indeterministas*. Se afirma la existencia de un azar epistemológico, surgido de las limitaciones del método científico y por el gran número de factores que intervienen en los sistemas altamente complejos, lo que imposibilita la predicción exacta. Se concluye que el azar es un componente ineludible del proceso.

En los sistemas dinámicos hay varios *atractores*. Se habla de la *bifurcación de comportamiento*: trayectorias totalmente diferentes partiendo de puntos inicialmente muy cercanos. De *puntos de bifurcación*: los valores de los parámetros para los que el sistema cambia de comportamiento cualitativo. De *morfogénesis*: en los puntos de bifurcación se producen cambios cualitativos apreciables en el comportamiento global del sistema. Pequeñas perturbaciones pueden inestabilizar el sistema y arrastrarlo hacia atractores más complejos. Se habla de procesos de *autoorganización*. Las desviaciones sobre los valores medios se llaman *fluctuaciones*. Cerca del equilibrio, las fluctuaciones son absorbidas por el sistema. Lejos del equilibrio, arrastrado por las fluctuaciones, el sistema explora otras soluciones estables. Estas nuevas soluciones estables corresponden a una estructuración u ordenación espacio-temporal diferente a la del equilibrio termodinámico, son las *estructuras disipativas*.

Más allá de la bifurcación aparecen varios posibles estados estacionarios. Debido a las fluctuaciones existe un elemento aleatorio irreductible. Las fluctuaciones son tan aleatorias como el lanzamiento de un dado. En las regiones estables dominan las leyes deterministas, mientras que en las inestables, cerca de los puntos de bifurcación, el sistema escoge entre varios futuros posibles. Es la mezcla de azar y necesidad lo que conforma la evolución del sistema. Un atractor, subconjunto del espacio de fases, “atrapa” las trayectorias próximas. Hay *atractores extraños* sensibles a las condiciones iniciales (*SIC = Sensitivity to Initial Conditions*). Debido a ello, dos trayectorias inicialmente próximas dentro del atractor se separan eventualmente una de la otra, siendo impredecible la evolución del sistema pues el mínimo error inicial se amplifica exponencialmente en el tiempo. La teoría del caos explora el lado irregular de la naturaleza, lo discontinuo, lo errático, lo turbulento, es decir, todos los tópicos que hasta ahora se ocultaban, se rechazaban, ignorándolos como si no existieran.

¿Es irracional un mundo indeterminista? Lo que debe discutirse no es la existencia de causas sino, si todo proceso causal obedece a leyes preexistentes. Las teorías del “*azar organizador*”, del “*orden a partir del ruido*” y de la “*autoorganización*”, defendidas por H. Von Foerster, I. Prigogine, E. Morin y H. Altan entre otros, no niegan que todo proceso tenga sus causas. Afirman que esas causas no obedecen a leyes predeterminadas y que se puede pasar del desorden o ausencia de leyes al orden y la predictibilidad.

La inteligencia humana, “*aparato raciomorfo*”, juega con probabilidades. Lo analógico, las imágenes, las metáforas, desempeñan un importante papel. Los sociólogos de la ciencia muestran que científicos y filósofos, en su propio trabajo creativo, se guían menos por una lógica estricta cuanto por intuiciones. Se habla del cerebro como de una red que trabaja con el azar cuando fracasan sus programas preelaborados. Se ha roto la equivalencia entre inteligencia, razón y lógica.

Si la física ha vuelto indeterminista la imagen del Universo, las ciencias experimentales de la mente han hecho lo propio con respecto a la mente humana y sus “estilos de pensamiento”. Pero este producto biológico no puede pretender otro título que la eficacia adaptativa y sus métodos de trabajo están lejos de los ideales de la lógica. El mecanismo del azar y la selección sirve de modelo para explicar la evolución natural. Se ha dejado de ver la mente como un ordenador, son los informáticos quienes deben de aprender de él. Los conceptos constituyen matrices de interconexiones, que se solapan, entrecruzan y fecundan, muy alejados del ideal cartesiano de claridad y precisión.

Se constata una tendencia en las ciencias naturales (y a fortiori en las sociales), en las ciencias de la mente y la filosofía de la ciencia, en transformar la perspectiva del Universo, la vida social y la razón misma, alejándola del paradigma determinista y racionalista, hoy en retroceso. Tendencia que parece llevar hacia el escepticismo, el relativismo y el indeterminismo, tan ambiguos como lo sea el dogmatismo que combaten. Y cuya fuerza está en proporción a los precedentes excesos de éste. De cualquier forma, si el azar y el indeterminismo aparecen hoy como categorías indispensables para explicar el orden físico y el orden social e histórico, también parecen necesarios para explicar la evolución del pensamiento y la inteligencia misma. Se ha roto la equivalencia entre ésta y la razón lógica, deductiva, portadora de verdades rígidamente derivables unas de otras.

En el apartado **7.2.11 Lógica de lo peor** se ha indicado que para los *pensadores trágicos*, la naturaleza no aprende de errores, no busca un estado mejor, no tiene finalidad, todo depende del azar. Ante esta realidad el ser humano sólo puede aceptarla. Sus acciones son inútiles dado que todo es azar. Esta abundancia de azar convierte a la vida en “inalterable”. El *pensamiento trágico* recusa toda posibilidad de actuar. Un acontecimiento “nuevo” no modifica la suma de acontecimientos: es *azar añadido al azar*. Ningún reajuste puede modificar la naturaleza en lo que tiene de azarosa. *El azar no es modificable*. Es un ‘*azar*’ anterior a todo acontecimiento y necesidad. Es ‘*una x anterior a toda idea de orden o de desorden*’. Es un *azar original o constituyente* a partir del cual surge todo orden que puede parecer necesario, y de donde surgirá todo lo que alterará esos órdenes necesarios. El azar trágico engendra la idea de contingencia. Es la aptitud de la materia para organizarse espontáneamente: la materia recibe del azar la vida, el movimiento y el orden.

En el apartado **7.2.14 Azar e indeterminismo** se ha indicado que Ernest NAGEL analiza si los ‘*sucesos reales*’ de la naturaleza son, parcial o totalmente, “indeterminados” o hechos ‘*de azar*’, y de si el uso de variables esencialmente estadísticas es o no una consecuencia del hecho de que ciertos procesos físicos pertenezcan al dominio de lo fortuito. La palabra ‘azar’ es notoriamente ambigua y vaga. Se distinguen diversos sentidos de esta palabra:

- a. No es la consecuencia de un plan deliberado.
- b. Cuando hay una *ignorancia* completa acerca de las condiciones determinantes del suceso, o bien cuando se sabe que estas condiciones pertenecen a alguna clase de tipos alternativos de condiciones, pero no se sabe a cuál de los tipos particulares de esta clase pertenece. Cuando se dice que un tipo determinado de sucesos se ‘*debe al azar*’, se da por supuesta alguna *definición* de suceso ‘fortuito’ o ‘casual’. Decir de un suceso que se produce por azar, en este sentido, no es incompatible con la afirmación de que está causado; pues admitir ignorancia concerniente a las condiciones específicas que determinan un suceso obviamente no implica negar la existencia de tales condiciones.
- c. La *intersección de dos series causales independientes*. Se dice entonces que el infortunio del ser humano es un hecho de azar, no porque ‘no esté causado’, sino porque se produce en la ‘juntura’ de dos secuencias causales independientes. La sucesión de puntos de cada línea se supone determinada por el carácter ‘intrínseco’ de la línea, pero



no por la 'naturaleza' de la otra línea; y el hecho de que las líneas tengan un punto en común no está determinado por la naturaleza de ninguna de las líneas tomada aisladamente. La manera más adecuada de describir un suceso es considerarlo como la intersección de un número infinito de líneas. Si se emplea la imagen más compleja, ya no es claro si quiera en apariencia qué se debe entender por 'líneas causales independientes', pues entonces todo suceso es el nodo de muchas influencias causales.

d. Se dice que un suceso es un hecho de '*azar*' o '*contingente*', si en un contexto dado el enunciado que afirma su aparición no deriva de ningún otro. No se niega que un suceso caracterizado como un hecho de azar en algún contexto pueda ser considerado la consecuencia de algún otro suceso o, más precisamente, que el enunciado que afirma la primera aparición pueda derivar de otros enunciados acerca de sucesos diferentes, con ayuda de suposiciones apropiadas. No hay incompatibilidad alguna en decir que un suceso es un hecho de azar y decir que, no obstante esto, hay condiciones o causas determinadas de su aparición. Y en segundo lugar, aunque un suceso que es un hecho de azar en un contexto pueda no serlo en un segundo contexto, algún *otro* suceso debe ser reconocido como un hecho de azar en el último contexto indicado. A veces se dice que una ley o una teoría es '*contingente*' o se cumple '*por azar*' si en un contexto dado dicha ley o teoría no deriva de otras premisas; y en esto hay un paralelismo bastante estricto con el uso de la palabra en relación con sucesos. Puesto que, en un estado dado del desarrollo científico, no se puede continuar indefinidamente el proceso de explicación, es evidente que debe haber siempre algunas teorías que sean contingentes en el sentido considerado. Los científicos y filósofos que 'en última instancia' dicen que las ciencias no suministran explicaciones de nada, a menudo sólo tienen in mente algo semejante; y deben entenderse sus afirmaciones en el sentido de que los fundamentos para aceptar las premisas de cualquier explicación propuesta no son, a fin de cuentas, puramente deductivos.

e. Queda un sentido de '*azar*' que requiere atención; en tal sentido, la palabra alude a un carácter '*absoluto*', y no relacional, de los sucesos. Un suceso del cual se predica el 'azar' en este sentido es considerado a veces '*no causado*', de modo que no solamente no se conocen las condiciones determinantes de su producción, sino que ni siquiera existen tales condiciones. Peirce sostenía que si se rastreaban las causas de una desviación irregular de cualquier ley física aceptada, 'se estará obligado a admitir que se debe a una determinación arbitraria o al azar'. Según él, siempre se producen

diversificaciones y, admitiendo la *'pura espontaneidad'* como característica del universo, 'que actúa siempre y en todas partes, aunque restringida dentro de estrechos límites por las leyes, y que producen continuamente desviaciones infinitesimales de éstas'. Muchos físicos sostienen que los procesos subatómicos, al menos, se caracterizan por su *azar absoluto*, de modo que la emisión de partículas por substancias radiactivas es 'un proceso debido a la descomposición espontánea de sus átomos'.

Sin embargo, se dice a veces que un suceso es un 'suceso de azar absoluto' no porque no haya condiciones determinadas de su aparición, sino porque aunque haya tales condiciones, él mismo manifiesta ciertas 'características novedosas' muy diferentes de las que las condiciones manifiestan. Así se afirma a menudo que, cuando se agregó ácido sulfúrico a la sal común por primera vez, no se podía haber predicho la formación del gas que se produce en tal caso con sus propiedades peculiares; se dice entonces que la generación del gas en las condiciones indicadas es un suceso de azar. Pero este sentido especial de 'azar absoluto' desempeña un papel esencial en las doctrinas actuales de la 'evolución emergente'. Respecto del "azar absoluto" y del "azar relativo", Nagel indica que no hay ninguna razón a priori para excluir la posibilidad de que haya hechos de ambos tipos de azar.

En el apartado 7.2.15 Tan sólo una ilusión se indica que Ilya Prigogine, Premio Nobel de Química en 1977, consiguió, con sus excelentes trabajos sobre física y la termodinámica de los procesos irreversibles alejados del equilibrio, no sólo profundizar en estos campos hasta niveles anteriormente desconocidos sino que su "aplicación" en la vida y en la cultura tuvieron grandes consecuencias en otros dominios del pensamiento.

En la concepción darwiniana se combinan dos elementos: la idea de *fluctuaciones* o azar, de procesos estocásticos y la idea de evolución, de *irreversibilidad*. Prigogine pone de relieve que, a nivel biológico, de esta asociación resulta una evolución que corresponde a una complejidad creciente y a la autoorganización.

Recuerda que Ludwig Boltzmann estudió la teoría cinética de los gases, convencido de que el mecanismo de cambio, de *«evolución»*, se describiría en términos de colisión molecular. Demostró que la entropía está relacionada con la *probabilidad*. Igual que

Darwin, evolución, probabilidad y azar, están estrechamente relacionados. El resultado de Boltzmann es distinto al de Darwin, e incluso contradictorio. La aproximación al equilibrio corresponde a la destrucción de condiciones iniciales prevalentes, al olvido de las estructuras primitivas; contrariamente al enfoque de Darwin, para quien evolución significa creación de nuevas estructuras. Ambos procesos contienen elementos comunes: la idea de probabilidad y de irreversibilidad. Prigogine explica que tanto Boltzmann como Darwin tienen razón.

Los procesos que implican azar o irreversibilidad eran considerados excepciones. Hoy se ve el papel de los procesos irreversibles, de las fluctuaciones. Los modelos considerados por la física clásica corresponden únicamente a situaciones límite que se pueden crear artificialmente. Lo *artificial* es determinista y reversible. Lo *natural* contiene elementos esenciales de azar e irreversibilidad. Aparece pues un “*nuevo diálogo del ser humano con la naturaleza*”. Prigogine muestra una paradoja: se buscaban esquemas globales, simetrías, leyes inmutables y se ha descubierto lo mutable, lo temporal, lo complejo. ¿Puede todavía hablarse de leyes eternas? Por todas partes se encuentran transiciones del caos al orden, procesos que implican la *autoorganización* de materia. Las palabras clave son “*no linealidad*”, “*inestabilidad*” y “*bifurcaciones*”. El azar, las fluctuaciones y la irreversibilidad desempeñan un papel fundamental.

La aparición de bifurcaciones conduce a un elemento azaroso irreductible a nivel macroscópico. Las teorías deterministas no predicen qué rama será la elegida en la bifurcación, requiriéndose el papel de las *probabilidades*. En mecánica cuántica, las probabilidades desempeñan un papel esencial. Tales sistemas se denominan de “*azar intrínseco*”, pues su comportamiento es tan estocástico que puede trazarse dentro de un proceso probabilístico. El aspecto más inesperado es que aparece la coherencia del caos para condiciones de no-equilibrio: un mundo en equilibrio sería caótico, el mundo de no-equilibrio alcanza un grado de coherencia que es sorprendente. Prigogine muestra que el tiempo, en el sentido de duración, de irreversibilidad, está básicamente relacionado con el papel del azar. Los problemas de los límites del determinismo, del azar y de la irreversibilidad y la noción de realidad están vinculados. Tradicionalmente, los fenómenos son reversibles o irreversibles, y deterministas o aleatorios. Es difícil aceptar una visión del mundo que excluye una categoría de fenómenos en favor de otra. Por todas partes se descubre lo casual y lo irreversible. Los procesos reversibles y

deterministas se consideran idealizaciones desmesuradas. Hay un cambio de perspectiva: lo legal y lo reversible es la excepción. Deben tenerse en cuenta las fluctuaciones y la autoorganización. El no-equilibrio es fuente de orden, de coherencia; entre las unidades surgen correlaciones. El cambio de perspectiva obliga a utilizar una serie de nuevos conceptos: bifurcaciones, no-linealidad, fluctuaciones.

Prigogine examina el *trinomio flujo/función/estructura*. Un sistema está constituido por una estructura, con funciones, que generan interacciones internas y con el entorno, mediante un flujo de *“intercambios”*. Los tres retroactúan entre sí provocando alteraciones en cualquiera de ellos.

Hay sociedades en las que su comportamiento parece como un “reloj”. Se han realizado estudios sobre el comportamiento aparentemente “determinista” de las hormigas. Se demuestra que la parte del azar es más importante de lo que se creía. El índice de error de estos comportamientos constituye *“la imaginación de la colonia”* y mantiene un flujo de innovaciones exploratorias, amplificado y regulado, por el sistema de comunicación. Azar y necesidad cooperan a nivel de estas sociedades tan simples. El trinomio flujo/función/estructura implica una retroalimentación evolutiva: posibilita la emergencia de nuevas estructuras.

El mundo es un mundo de cambios, de intercambios y de innovación. Para entenderlo es necesaria una teoría de los procesos, de los tiempos de vida, de los principios y de los fines; se necesita una teoría de diversidad cualitativa, de la aparición de lo cualitativamente nuevo. La vida es continuidad, invención. Las nuevas teorías matemáticas, como *“teoría de las bifurcaciones”*, *“teoría de la estabilidad estructural”*, permiten superar las simplificaciones de la física dinámica. La creación aparece como una dimensión de la naturaleza.

Se denomina *“orden por fluctuaciones”* al orden generado por el estado de no-equilibrio. Lo que entonces surge es un proceso de auto-organización, lo que se ha denominado *“estructura disipativa”*. Puede decirse que la estructura disipativa es la fluctuación amplificada, gigante, estabilizada por las interacciones con el medio; contrariamente a las estructuras en equilibrio, la estructura disipativa sólo se mantiene por el hecho de que se nutre continuamente con un flujo de energía y de materia, por ser

la sede de procesos disipativos permanentes. Lejos del equilibrio se puede concebir la amplificación de la fluctuación en relación con un mecanismo de nucleación. Dentro de la zona fluctuante, los procesos disipativos tienden a reforzar la fluctuación, pero los intercambios con el medio tienden a amortiguarla. Es la competencia entre estos dos factores lo que determina el destino de la fluctuación: la invasión en todo el sistema, o su desaparición. Sin una dimensión crítica la fluctuación no puede desarrollarse.

Independientemente del sistema, el medio externo siempre trata de eliminar la novedad que lo perturba. La novedad sólo se desarrolla cuando el mundo externo pierde importancia. Esta zona fluctuante, innovadora, vive merced a los intercambios con el medio que pone en peligro. La fluctuación que se amplifica constituye una totalización, el establecimiento de una unidad de régimen en armonía con el medio, pero significa también la muerte y la destrucción del sistema que invade, que domina y el cual trata en vano de reducirla. Ninguno de los sistemas conocidos es realmente estable, sino metaestable. Vive debido a que pocas perturbaciones superan su *“poder de integración”*. Se llega a la idea de sistemas en evolución indefinida, al concepto de que ningún sistema complejo es jamás estructuralmente estable. La innovación hace más complejo el medio en que se produce, planteando problemas inauditos, creando nuevas posibilidades de inestabilidad y conmoción.

Los sistemas vivos son peculiares por ser autónomos e interactuar activamente con el medio. La reconceptualización de la física intenta entender la generación de la vida en el universo. La irreversibilidad, el azar, es algo importante a tener en cuenta. La vida no es el resultado pasivo de la evolución cosmológica; introduce un proceso de retroalimentación suplementario. La vida es el resultado de procesos irreversibles, pero a su vez puede inducir nuevos procesos irreversibles. Se puede decir que la irreversibilidad genera irreversibilidad.

Prigogine considera el problema del desorden y el orden en el plano de la dialéctica entre unidades concretas (moléculas o insectos) y estructuras globales formadas por muchas unidades. Se constata una tendencia hacia lo múltiple, lo temporal, lo complejo. Los conceptos de ley y “orden” no son inamovibles. Hay que investigar el mecanismo generador de leyes, de orden, a partir del desorden, del caos. La irreversibilidad produce estructuras. La irreversibilidad, el tiempo unidireccional, surge a partir del caos de

trayectorias dinámicas. La materia, en condiciones alejadas del equilibrio, adquiere nuevas propiedades, tales como “comunicación”, “percepción” y “memoria”, propiedades que hasta ahora sólo se atribuían a los seres vivos.

Ahora van a examinarse dos pasos sucesivos. Primero, la aparición de un mutante como resultado de cierto “*accidente*” o “*acontecimiento de baja probabilidad*”, que puede considerarse una fluctuación en marcha. El azar sigue siendo de suma importancia mientras existan pocos mutantes, ya que su número se rige por la dinámica estocástica: el individuo que nazca, o vive o muere. El segundo paso se inicia cuando un mutante logra multiplicarse lo bastante para constituir una “población” cuyo crecimiento puede describirse mediante la ecuación del “*comportamiento medio*”. Se llega a la entrada en juego de “mutaciones” o “innovaciones”, regidas por el azar, y la respuesta determinista del sistema, interpretación de los ecosistemas en términos de “*dialogo*” entre fluctuaciones innovadoras y las respuestas deterministas existentes en el ecosistema. Problemas como el de la autoorganización en sistemas de no-equilibrio requieren ambos aspectos – el determinista, según el cual las medias representan con exactitud el estado del sistema, y el estocástico, que cobra importancia en la proximidad a los puntos de bifurcación e inestabilidad.

Prigogine, respecto a la evolución socio-cultural, indica que el efecto de una causa es inevitable, invariable e imprevisible. Pero la iniciativa que adopta cualquiera de las partes vivas en un encuentro, no es una causa: es un reto. Su consecuencia no es un efecto: es una respuesta. Reto y respuesta parecen causa y efecto sólo en tanto que representan una secuencia de acontecimientos. A diferencia del efecto de una causa, la respuesta a un reto no está determinada, no es necesariamente uniforme en todos los casos y, por lo tanto, es intrínsecamente imprevisible. A partir de ahora, se verán “personas” allí donde, hasta ahora, se han visto “fuerzas”. Se puede creer que la interacción entre función  $\leftrightarrow$  estructura  $\leftrightarrow$  fluctuación es fundamental para entender las estructuras sociales y su evolución.

Prigogine hablando de *La termodinámica de la vida*, de *Las estructuras disipativas: orden y fluctuaciones*, del “*orden mediante fluctuaciones*”, indica que en lo que respecta a la biología, se ha demostrado que las reacciones metabólicas, o las ondas cerebrales, por ejemplo, pueden analizarse en términos de estructuras disipativas

temporales. El funcionamiento de los sistemas biológicos cumple las condiciones necesarias para que aparezcan las estructuras disipativas. Cuando relaciona los **Sistemas nerviosos** con las **estructuras disipativas** concluye que las ondas cerebrales pueden analizarse en términos de estructuras disipativas temporales. La evolución corresponde a una serie de “catástrofes” de inestabilidad, es decir, a una amplificación de fluctuaciones hasta la eventual aparición de un estado dominado por ciertos tipos de macromoléculas y con estabilidad suficiente con respecto a las fluctuaciones que él mismo genera.

Para Prigogine ***El azar y la necesidad cooperan en vez de enfrentarse***. Indica que la vida parece seguir las leyes físicas con una plasticidad particular debido a su composición química y a las leyes cinéticas que de ella se desprenden. No es la inestabilidad, sino una sucesión de inestabilidades lo que ha permitido franquear la tierra de nadie entre vida y no vida. Esta concepción del orden biológico conduce automáticamente a una apreciación más matizada de lo que pueda ser el papel del azar y la necesidad. La fluctuación que permite al sistema abandonar los estados próximos al equilibrio termodinámico, representa el elemento aleatorio, la parte del azar, mientras que la inestabilidad del medio, el hecho de que esta fluctuación vaya en aumento, representa una necesidad. Azar y necesidad se complementan en vez de oponerse.

En el apartado **7.2.16 La domesticación del azar** se indica que la sociedad del siglo XIX fue objeto de innumerables estadísticas. La aplicación de la estadística hizo aparecer un elevado número de leyes, análogas a las de la naturaleza, pero referidas a las personas. Estas leyes se expresaban en probabilidades. Llevaban las connotaciones de lo normal y de las desviaciones de la norma. Apareció ***‘la persona normal’***. Durante la era de la razón, el azar se había considerado superstición. El mundo, sobre todo el social, se consideraba fortuito porque no se conocían sus mecanismos internos. El escenario estaba preparado para la aparición última del determinismo. Habían leyes que parecían estocásticas, pero la gran demanda de determinismo, combinada con el “éxito” de la estadística, hizo aparecer leyes por doquier. Hay aquí una paradoja. Cuanto más se impone el indeterminismo, tanto más control. Esas leyes sociales pasaron a ser una cuestión de probabilidades, de azares. Las personas son “normales” si siguen la tendencia de tales leyes, en tanto que las que se apartan son patológicas. En esta búsqueda de normalidad podría llegarse a creer, como ejemplo, que toda nación que no

realice una guerra en un período de tres años, no puede ser una potencia económica, como es el caso de EE.UU., dado que así lo “determinan” las estadísticas.

El determinismo pedía más determinismo. Esta demanda llevó a poner leyes donde existía azar e indeterminación. El determinismo apoyándose en la estadística, por medio de los valores medios y las probabilidades de las poblaciones, encontraba leyes. Estas leyes intentaban “determinar” el comportamiento de la población. El azar, se transformó, por medio de la estadística, en una ley. Esta *‘domesticación’* del azar es una arma de doble filo. Por un lado, genera la ley, pero, por otro, hace que la ley tenga desviaciones dadas por valores probabilísticos, con lo cual la ley no es determinista. El determinismo excluye la ley estadística. Según Bernard: “No sé por qué se da el nombre de ley a resultados obtenidos por la estadística. A mi juicio, una ley científica sólo puede fundarse en la certeza y en un determinismo absoluto, no en una probabilidad”. Las nuevas teorías del caos, del azar y de la complejidad, son una respuesta al excesivo determinismo existente en el siglo XIX: “no todo está determinado”.

Ya en aquellos tiempos, fin del XIX e inicio del XX, habían pensadores que estaban en contra del determinismo. Peirce propuso “examinar la común creencia de que todo hecho particular del universo está determinado por leyes”. Creía en un universo de azar absoluto. Consideraba las leyes en apariencia universales como un subproducto del azar. En 1801, escribió Xavier Bichat: “Las leyes físicas son constantes, invariables, pero las leyes fisiológicas no lo son. Todas las funciones vitales son susceptibles de numerosas variaciones. Frecuentemente se salen de su estado natural; desafían todo tipo de cálculos pues sería necesario disponer de tantas reglas diferentes como casos diferentes hay. Es imposible prever, predecir o calcular nada relativo a sus fenómenos; sólo tenemos aproximaciones y aún éstas son muy inciertas”. Ni siquiera una inteligencia suprema puede computar el estado futuro de un organismo vivo. Maxwell dio, en 1873, la conferencia: “¿Tiende el progreso de la ciencia física a dar alguna ventaja a la opinión de la necesidad (o determinismo) sobre la opinión de la contingencia de los sucesos y la libertad de la voluntad?”. En 1874 Emile Boutroux publicó su disertación sobre la contingencia de las leyes de la naturaleza. El principio fundamental es el principio de lo que emerge con una jerarquía de estructuras. En las fases de desarrollo del mundo se puede considerar primero los átomos elementales. Luego surgen las moléculas pero las leyes de los átomos pueden no determinar las leyes de los compuestos. Las leyes de



esos compuestos pueden no fijar las leyes de la vida vegetal y animal. Las leyes biológicas pueden no determinar las leyes psicológicas de las criaturas dotadas de razón. De manera que en cada peldaño de la jerarquía se encuentra contingencias y la evolución de nuevas leyes no está determinada por estructuras más simples.

En 1872 apareció un nuevo determinismo. Pretendía abarcar hasta el cerebro. Se registraron multitud de necias discusiones. El problema del libre albedrío es universal y puede introducirse fácilmente en culturas que en nada se parecen al Occidente en cuanto a las concepciones de causalidad. Se pensó que la pena de muerte es inmoral porque los asesinos, nacidos para matar, no son responsables de sus actos.

La búsqueda de normalidad es, como el determinismo, una idea que estuvo siempre en el ser humano. La palabra creaba cierta “*objetividad*” en lo tocante a los seres humanos. Pero en los sucesos que han de describirse, es como un adivino que habla del futuro, del progreso y de los fines. “*Normal*” lleva el sello del siglo XIX y de su concepción de progreso, así como “*naturaleza humana*” lleva el sello de la ilustración. La significación de “normal” dada en un diccionario es algo parecido a “usual, regular, común, típico”. Puede uno, pues, usar la palabra “normal” para decir cómo están las cosas, pero también para decir cómo debieran ser. La magia de la palabra consiste en que se puede usar para hacer las dos cosas a la vez.

Peirce elaboró una filosofía del azar. Creía en un azar absoluto, “espontáneo”. La observación no puede establecer una “causalidad mecánica”. Se puede observar sólo “que hay una cierta regularidad en la naturaleza”. Esto “no afecta la cuestión de si semejante regularidad es exacta y uniforme”. La diversidad y la especificidad del universo evolucionan junto con las leyes del universo. En el mundo hay espontaneidad, de la cual la libre elección es un elemento menor. Señalaba que la ley del error se refería ante todo al error y a los juicios, pero que no era biométrica. Peirce relacionaba inducción y probabilidad de una manera nueva. Peirce distinguía “tres clases de inferencia”: deducción, inducción e hipótesis. Una diferencia entre la inducción y la hipótesis es: la probabilidad no tiene [nada] que ver con la hipótesis. La probabilidad tiene [algo] que ver con la inducción. La innovación de Peirce consistió en decir que era ese [algo]. Peirce proponía una teoría de la probabilidad en la que entraba en juego la

**disposición** o **propensión**. Cuando las premisas son cuantitativas, se puede estar en condiciones de reemplazar el “generalmente” por una probabilidad numérica. Peirce tenía ideas claras sobre la relación entre inducción e hipótesis. Se construyen hipótesis y luego se someten a prueba por inducción. Una forma inductiva del argumento debería llevar a conclusiones “que se acerquen más a la verdad a la larga... de lo que pudiera acercarse a la verdad una aserción fortuita”.

Ya Emile Boutroux creía en la ley natural que evoluciona de manera contingente. William James y Peirce se aproximaban a la posición de Boutroux y de Renouvier. Sostenían que las leyes de la naturaleza no estaban dadas desde el comienzo del universo. Leyes de formas complejas no estaban determinadas por leyes de formas complejas surgidas en la historia del universo. Esa era la posición de Boutroux en 1875. El universo de alguna forma está en continua creación, tanto de formas, de seres como de leyes, por eso hablaba de una metafísica y epistemología evolutiva. Pero si las leyes de la naturaleza evolucionan partiendo del azar, no se necesita imaginar que las constantes sean algo más que valores que se alcanzarán en algún futuro indefinido. La “realidad” última de las mediciones tiene la forma de la ley gaussiana del error. Decía Peirce que “exactos son los balances de los bancos y los libros de crédito, no las constantes de la naturaleza”. Debe dejarse de modelar el mundo como se ha estado haciendo desde Descartes, a la manera de transacciones de tenderos. Las “constantes” son sólo variables fortuitas manifestadas en el curso de la evolución de las leyes.

Peirce fue el primer filósofo en internalizar por completo la manera en que el azar había sido domesticado en el curso del siglo XIX. Para Hacking, la historia del universo según Peirce, en la cual el ciego azar se estabiliza en una ley aproximada, no es otra cosa que la domesticación del azar. “El azar es lo primero, la ley es lo segundo y la tendencia a adquirir hábitos es lo tercero” no significaba que el azar quedara anulado por las leyes estadísticas o que las sucesivas tiradas de dados engendraran un mundo en el que se puedan resumir los cómodos hábitos de Hume. Lo que era primero, siempre será lo primero.

