

Robert B. Laughlin

**Un Universo Diferente**

La reinención de la Física en la Edad de la emergencia

**Traducción Silvia Jawerbaum y Julieta Barba**

Katz Editores, Colección Conocimiento  
1° edición Buenos Aires 2007

Apunte: Anahí Cáceres- Barbara C. Brownell 2009

## INDICE

11	Prefacio
21	Agradecimientos
23	1. La ley de la Frontera
31	2. Convivir con la incertidumbre
25	3. Monte Newton
57	4. Agua, hielo y vapor
73	5. El gato de Schöedinger
87	6. La computadora cuántica
101	7. Vino Klitzing
113	8. Resolví el problema durante la cena
133	9. La familia nuclear
153	10. La estructura del espacio – tiempo
165	11. Festival de baratijas
183	12. El lado oscuro de la protección
199	13. Los principios de la vida
221	14. Guerreros de las galaxias
139	15. Picnic al sol
251	16. La edad de la Emergencia
269	Indice temático

El universo no es simplemente más extraño de lo que nos imaginamos: es más extraño de lo que podemos imaginar.

**Sir Arthur Addington**

## **Prefacio**

Existen dos impulsos básicos: simplificar algo descomponiéndolo en sus partes fundamentales y el de ver las implicaciones generales (de esta acción) más allá de sus componentes.

El mundo natural está dominado tanto por lo elemental como por principios que surgen de los elementos, son trascendentes por que seguirán siendo verdaderos aunque tuviera cambios leves (en los elementos).

Aparentemente es una visión contradictoria de la naturaleza que refleja la contradicción existente en el propio mundo natural que está formado por elementos primitivos y al mismo tiempo gobernado por estructuras de organización complejas y estables que surgen de los elementos.

“Es una pena que la ciencia se haya apartado tanto del resto de las actividades intelectuales.” (...)El tema central era si la física es una creación racional de la mente humana o una síntesis surgida de la observación (...) se trataba de una disputa ideológica, que tenía poco que ver con lo que es verdadero, y mucho que ver con qué se entiende por “verdadero”.

Las consecuencias de ver nuestra comprensión de la naturaleza como un constructor matemático y concebirla como una síntesis empírica son muy distintas...(...) en el fondo no se trata de una discusión científica, sino de una polémica sobre el lugar que ocupamos en el mundo (..)

Los fenómenos de organización primitivos como el clima dicen algo muy importante sobre otros fenómenos más complejos, como los seres humanos. Que están gobernados por leyes microscópicas pero también sus aspectos más sofisticados son insensibles a los detalles de esas leyes.

Podemos probar que la organización puede un significado y una vida propios y puede trascender las partes que la conforman.

Cuanto mayor es el nivel de complejidad de los fenómenos, más difícil, es documentar las relaciones de causa- efecto aunque no hay pruebas que las jerarquías de las leyes del mundo primitivo no se superen (PAG 17). Y si un fenómeno físico simple puede independizarse de las leyes fundamentales que la deriva, los seres humanos también., cada uno de nosotros tiene un significado que trasciende los átomos de su constitución. Todas las leyes físicas son de origen colectivo, y no hay diferencia entre leyes fundamentales y leyes que derivan de estas.

Las leyes no pueden predecirse con el pensamiento, deben descubrirse por la vía empírica, y el control de la naturaleza se consigue cuando esta lo permite por un principio de organización. Esto no significa terminar con el reduccionismo sino darle lugar en el orden general de las cosas.

Para explicarlo se partirá de que hay materia en el vacío del espacio tiempo, que la relatividad no es una ley fundamental, que la computabilidad es colectiva, que el conocimiento teórico y lo falsabilidad experimental se enfrentan epistemológicamente

y algunos aspectos fundamentales de la física contemporánea son en realidad mitos., la ciencia no puede ser radical no conservadora, sino fiel a los datos, pese a eso las cuestiones conceptuales más generales y que más nos interesan, tienen más que ver con la filosofía que con la ciencia.

Hay que separar, por un lado la función de la ciencia como dadora de tecnología y por el otro su papel como medio para entender el mundo que nos rodea y a nosotros mismos.

El gran poder de la ciencia es su capacidad para revelarnos objetivamente verdades que no podríamos haber previsto.

## 1- La ley de la frontera

La ciencia es el único espacio donde todavía pueden producirse encuentros con “lo salvaje”, al mundo prístino natural, coreografía de los ecosistemas la evolución, el movimiento de los astros, el nacimiento y muerte de las estrellas. La física teórica se ocupa de las causas últimas de los fenómenos. Los seres humanos buscamos relaciones causales entre distintos fenómenos y se goza cuando se encuentran leyes con implicaciones encadenadas. “Todos deseamos en secreto que exista una teoría última, un conjunto general de leyes de las que se desprenda toda la verdad que nos libre de la frustración que nos provocan los hechos.” Por esta razón la física atrae a muchas personas que no son científicos. Estas teorías que lo explican todo, tienen reglas de simplicidad engañosa a veces, para demostrarlas hacen falta elementos cualitativos largos, difíciles y se necesita de un conocimiento de la historia de la teoría física desde la 2ª guerra mundial. Schrödinger, Bohr y Heisenberg son de la década de 1920 y sus ideas solo pudieron ponerse a prueba con la poderosa tecnología informática y electrónica, después con la purificación del silicio y el perfeccionamiento de los dispositivos del bombardeo de átomos. Debido a la guerra fría, la tecnología informática, radares, la necesidad de cronometrar hizo que los gobiernos incentivaran la investigación para sus motivos prácticos.

80 años después de la formulación de la Teoría fundamental, la comprobación experimental reiterada y detallada de las relaciones establecidas ha clausurado la frontera del reduccionismo en el nivel de la vida cotidiana, esto es un acontecimiento cultural que debate acerca del conocimiento. La verdadera frontera “salvaje” puede estar a la vuelta de la esquina y hay que saber mirar.

La frontera se rige por leyes, que son lo contrario del mito, surgen de lo salvaje y constituyen su esencia, en lugar de ser un medio que lo contiene. Se trata de una codificación de la forma en que suceden las cosas.

Las leyes importantes que conocemos son descubrimientos azarosos y no deducciones. Compatibles con la vida cotidiana, sin embargo el descubrimiento de esas regularidades es impredecible. El postulado del sentido común sigue siendo cierto incluso cuando la materia se somete a un análisis cuantitativo y más detallado.

El conflicto lógico entre una frontera abierta y un conjunto de leyes generales se resuelve con el fenómeno de la “emergencia”, un principio físico de organización.

Las sociedades humanas tienen reglas de organización que trascienden la dimensión del individuo. La esencia de las “obras”,<sup>1</sup> conformaciones, caracteres de la

---

<sup>1</sup> N de AC utilizo la palabra “obras” como resultado de *operaciones* de organización que se encuentran en entes animados o inanimados, en el pensamiento o en cualquier sistema que esté en transformación

cohesividad del agua, o la rigidez del acero (versiones primitivas de un paisaje pintado) esta en su organización.

Los principios de organización o sus “consecuencias” (“obras”) pueden ser leyes que a su vez, estas pueden formar parte de organizaciones que den lugar a nuevas leyes y así sucesivamente. Por ejemplo las leyes del movimiento de los electrones surgen de las leyes de la termodinámica y la química que a su vez dan origen a las leyes de cristalización pilar para las leyes que gobiernan los fenómenos de la rigidez y plasticidad, punto de origen para las leyes que se utilizan en ingeniería.

**De este modo la naturaleza es una estructura jerárquica cuyos elementos son independientes.**

**La tendencia de organización es tan fuerte que muchas veces es difícil entre una ley fundamental y una derivada.**

## **2- Convivir con la incertidumbre**

La diferencia cultural entre la obsesión de los físicos por la certidumbre y la de los biólogos por la incertidumbre se origina en la evolución histórica de las dos ciencias. La física y química se constituyeron como disciplinas junto a la ingeniería, mientras que la biología nació de la agricultura y la medicina. Ambas reflejan las diferencias que existen en la sociedad acerca de qué es real y qué no lo es.<sup>2</sup>

Los físicos buscan la precisión en la medición aunque se sabe que puede haber errores, pero esto puede tender a la afición por el “bricolage”.<sup>3</sup>

El impulso de hacer mediciones con precisión abre un mundo de significados, por ejemplo podemos detectar que la longitud de un ladrillo no es la misma un día que otro. Cuando se consideran los factores ambientales, se observa que la diferencia de longitud se debe a variaciones de temperatura que hacen que por ejemplo un ladrillo se expanda y se contraiga ligeramente. Así el ladrillo se convierte en un termómetro. No es trivial cuando la expansión térmica es el principio con el que se realizan los termómetros.

Una de las “cantidades universales”<sup>4</sup> es la velocidad de la luz, debido al interés por medir la traslación de la tierra mediante su efecto en la velocidad de propagación de la luz desde la perspectiva de un observador terrestre. Se pudo hacer mediante espejos y los resultados hacían que se necesitara verificar la modificación de la velocidad de la luz introducida por el movimiento terrestre, lo cual no existía. Einstein la encontró concluyendo que la velocidad de la luz es una constante

---

encadenada, hacia su organización. Por este motivo me parece importante destacar prácticas de meditación que en base a Mandalas visuales o Mantras sonoros se puede llegar a una percepción organizando los sentidos para armonizarlos a todo lo que rodea esa percepción múltiple. Una pintura de arte contemporáneo puede tener o no ese criterio y si no lo tiene el resultado es emotividad pura sin su contemplación simultánea.

<sup>2</sup> (N de A.C) Podría hablarse aquí también de las diferencias de concepto acerca de la verdad filosófica-humanística y la verdad científica que caracterizó una ruptura entre ciencia y arte.

<sup>3</sup> (N de A.C) Acá Laughlin hace referencia a distintos usos de distintos elementos para comprobar cosas que se comprueban con mediciones diferentes, y tal vez se lo podría relacionar en nuestro tema, al uso de distintos elementos, herramientas, mediciones, (que son los ordenadores de obras) relacionados con distintas percepciones y un solo evento: la expresión creativa

<sup>4</sup>(N de A.C) Opuesto a “variables”

fundamental y que los cuerpos en movimiento deben aumentar su masa a medida que se incrementa su velocidad.

*“La existencia de este tipo de cantidades son el sostén de la física, pero actualmente se considera que las teorías científicas siempre tienen un componente subjetivo que responde no solo a una tendencia de la época, sino también a una codificación de la realidad objetiva”* a esta tendencia en la Física contemporánea se la llama “posmodernista”<sup>5</sup> (Ej:Otto Bismark) a la que se le oponen los “antiposmodernistas”(Ej:N. Koertge)

Es cierto que por medio de la precisión, se pone en evidencia la falsedad, pero como consecuencia la verdad y la tecnología de las mediciones están íntimamente ligadas. ***En realidad cuando hablamos de cantidades universales, nos referimos a los experimentos con que se las mide***

Paradójicamente la existencia de estos experimentos altamente reproducibles nos presenta dos formas incompatibles de pensar en lo fundamental: <sup>6</sup>

- 1- La exactitud revela características de las unidades que conforman nuestro mundo complejo e incierto.
- 2- La exactitud es un efecto colectivo que surge de un principio de organización.

Por ejemplo la razón de la sensibilidad al tamaño de una muestra gaseosa es que la temperatura es una propiedad estadística, para cuya determinación se necesita una muestra grande. Este dilema es falso, pero la idea colectiva es correcta. La precisión colectiva es un concepto difícil de entender para los que no se dedican a la ciencia.

Una explicación simple de esto sería: El vacío del espacio no está tan vacío, sino que está lleno de cosas. El movimiento que se produce cuando la materia lo atraviesa modifica ligeramente las propiedades de la materia por ejemplo la refracción.

Encontrar una explicación a la uniformidad es un tema central de la física y objetivo de la cosmología inflacionaria, teoría sobre el origen del universo que es emergentista por naturaleza.. El carácter constante de los espectros atómicos tiene un origen colectivo en este caso el universo propiamente dicho.

Un caso de colectivismo inmediato y problemático es la determinación de la carga del electrón y la constante de Planck mediante mediciones macroscópicas. La carga del electrón es la unidad indivisible de la electricidad. La constante de Planck es la expresión de la relación universal entre el momento y la longitud de onda, característica de las propiedades de onda y de partícula de la materia. Estos conceptos son reduccionistas y su determinación se realiza utilizando grandes máquinas que miden propiedades de electrones individuales separados del átomo. **El hecho que haya errores intermedios en la medición debido a impurezas, perturbaciones**

---

<sup>5</sup> (N de A.C) No deja de ser un indicador de este cambio en la tendencia dentro de la ciencia cuando “Posmoderno” es un término nacido en los ’60 desde el ámbito de las teorías de la lingüística, psicología y filosofía, acuñado por F. Lyotard, al que adhirieron M. Foucault, R. Barthes, Baudrillard, entre otros, fue rápidamente adoptado por Bonito Oliva para las artes visuales, arquitectura, el diseño y el arte en todas sus disciplinas. El desarrollo de Lyotard parte desde un análisis de las sociedades informatizadas, la legitimación e identidad con su planteo y su desaparición. Las perspectivas humanísticas y científicas, la performatividad y la inestabilidad científica hasta la legitimación paradójica.

<sup>6</sup> (N de A.C) La exactitud revela / la exactitud es un efecto. Es decir brinda datos de elementos mínimos (unidades) pero a su vez determina una organización posible gracias a que es “colectiva”(concatenación de hechos y cruces de efectos) La posible “paradoja” dualista en el acto creativo parte de un tema o una fijación sensible o estímulo dado que brinda un dato de percepción determinado. Pero a su vez produce “la obra” que resulta de distintas acciones manuales, herramientas, reacciones químicas, comportamiento de materiales, actitudes corporales, etc..

**morfologías diversas y no les afecte, prueba la existencia de importantes principios de organización.** Esto tiene implicaciones problemáticas, Asociar la medición con la exactitud y verdad, pero que un efecto colectivo pueda ser más verdadero que las leyes microscópicas por las que se rige.

Por ejemplo: la carga del electrón solo tiene sentido en un sentido colectivo, proporcionado por el vacío del espacio, que modifica la carga de los electrones y las longitudes de onda de los átomos, o por cierta materia que predomine sobre los efectos del vacío..

Todas las constantes universales dependen del contexto. En la práctica la diferencia entre cantidades reduccionistas y emergencistas no existe en física; es una invención humana, como el género que le atribuimos a los objetos inanimados.

La certeza de la idea de la organización esta muy arraigada en los biólogos, tienen una visión de conjunto. Dicen que la incertidumbre microscópica no tiene importancia por que los niveles superiores de organización se encargarán luego de crear las certezas.

En tanto que en la física no se ha superado el desacuerdo ideológico en cuanto al origen y el significado de la certeza

### 3- Monte Newton

Las leyes de la naturaleza son el gobierno invisible de la tierra (Alfred A. Montapert)<sup>7</sup>.

En 1987 I. Newton estableció en sus “Principios matemáticos” el fundamento científico para la existencia de las leyes físicas universales, cambiando la historia.

Dio un paso más y encontró relaciones matemáticas simples que se aplicaban y en todos los casos y permitían dar cuenta al mismo tiempo de fenómenos que a simple vista parecerían no estar relacionados. Esto llegó a convertirse en la lógica en que se apoya todo nuestro mundo tecnológico. Los fenómenos están completamente determinados por otros fenómenos que dependen de un conjunto de reglas básicas.. Los únicos fracasos de las leyes de movimiento de Newton han sido en el orden atómico, gobernado- en cambio- por los principios de la mecánica cuántica. Por ejemplo, el hecho que Urano no se comportara de acuerdo con los principios newtonianos, llevó al descubrimiento de Neptuno y más tarde de Plutón.<sup>8</sup>

La lógica pura es una superestructura que construimos sobre la facultad de razonamiento básico analógico, por lo tanto es falible. Por naturaleza.

Las respuestas a los misterios de la vida no están en los fracasos de Newton. El determinismo material fue más problemático para el siglo XVII, cuando nace la física que para quienes vivimos en el mundo de hoy.

---

<sup>7</sup> (N de A.C) en 1996 hice una serie que se llamó sobre las leyes naturales”, esta muestra itinerante fue subvencionada, auspiciada y avalada por una empresa, entidades públicas y gubernamentales. Fue la 1º muestra de imagen digital itinerante del país (Tucumán- Córdoba- Buenos Aires). Imágenes impresas y un video arte hablaban visualmente de cierta crueldad de la naturaleza imposible de controlar con las leyes artificiales del ser humano, justamente por la misma “naturaleza” incontrolable que también tiene. Nunca este concepto fue captado por críticos o artistas, y ahora entiendo que hasta para mí, explicarlo era una obviedad, incluso “representarlo”, rescato de esa serie unos textos del video y un planteo acerca de la infinitud de la repetición de estas leyes. Su constancia. Los textos del video: Competir para ganar / Matar para vivir / sobrevivir sinsentido/ Ritos para perpetuar /... Y los textos acerca de los Fuertes y los Débiles:

<sup>8</sup> Se conocieron las orbitas elípticas y su retorno gracias a Edmund Halley que utilizó la mecánica newtoniana para predecir el regreso del cometa que lleva su nombre. La predicción de Neptuno correspondió a Adams y Leverier, mientras que su descubrimiento fue de Galle.

En 1633 Galileo Galilei fue enjuiciado por la Inquisición por violar un edicto de 1616 que prohibía la difusión de la cosmología copernicana. Galileo fue sentenciado de hereje y obligado a retractarse que la tierra giraba alrededor del sol. Como todos los científicos era rebelde, dejó la universidad para seguir su propio deseo intelectual midiendo todo además de pensar.

. En 1623 escribió en “El ensayador” “El libro de la naturaleza está escrito en caracteres matemáticos”. Cuando escribía “Dialogo sobre los dos sistemas principales del mundo, por una denuncia fue llevado a juicio y condenado a prisión domiciliaria impidiéndole la publicación de sus escritos. Entre otras cosas atacaba a Aristóteles diciendo que los objetos no requieren un agente externo para moverse, sino que se mueven a una velocidad constante en línea recta, salvo que actúen desde el exterior. Concibió la velocidad como un vector, una cantidad con magnitud y dirección.. Inventó la noción de inercia, la resistencia de un cuerpo a los cambios de movimiento, descubrió que el agente que altera el movimiento es la fuerza, que cambia la velocidad de un momento a otro de modo que la velocidad de un cuerpo dentro de dos segundos es igual a la velocidad actual más un pequeño incremento que depende de la magnitud de la fuerza. Sin embargo Newton se lleva “la mejor parte” del mérito por haber inventado la física moderna por que encontró la forma de convertir todas esas ideas en un todo unificado por la matemática.

Newton nace cuando muere Galileo, es su seguidor y de Kepler. Cuando la peste bubónica aparece en Inglaterra en los últimos años del XVII, recluido y con mucho tiempo libre inventa el cálculo infinitesimal, paso importantísimo para explicar las observaciones de Kepler sobre las orbitas planetarias.

Gracias a la notación de cálculo Newton pudo escribir las leyes de movimiento de Galileo como ecuaciones simples y precisa, con cuya resolución obtuvo descripciones exactas. Con la matemática y su supuesto que la fuerza de gravedad se debilita en cierto modo con la distancia, Newton probó que las observaciones de Kepler se deducían de las leyes de Galileo y no eran fenómenos distintos. Partió de la extrema precisión de Kepler para afirmar que las leyes de Galileo eran correctas. Galileo pasó por alto a las leyes Kepler descubiertas en su misma época considerando que la gravitación universal estaba “oculta”.

**Creemos en la teoría física universal no por que tiene que ser cierta sino por que un conjunto de experimentos de una precisión indiscutible no nos deja otra opción. Hay una analogía con las corrientes del budismo Theravada Mahayana: en el budismo Theravada las enseñanzas son conservadoras en atención a los maestros históricos. En el budismo Mahayana o “el Gran Camino” se estudian las enseñanzas con todas sus implicaciones.**

**Una constante universal es una medida que resulta siempre la misma, una ley física es una relación entre medidas que resulta siempre la misma.**

En el caso de estas leyes hablamos de ecuaciones exactas en lugar de valores exactos pero el concepto es el mismo. Importa la exactitud. Al igual que las mediciones universales, las leyes se clasifican como microscópicas o macroscópicas (colectivas) según su origen pero ambas se describen con el adjetivo Fundamental. Como ocurre con las constantes la distinción entre las dos clases de leyes desaparece cuando se analizan los hechos experimentales.

Debido al aumento de la lista de aciertos en las predicciones hechas con leyes de Newton con los años se usó de manera especulativa y prudente como una estrategia en presuponer que las leyes newtonianas eran verdaderas en circunstancias en las que no era posible la verificación directa.



En la teoría cinética de los gases se presupone que éstos están compuestos por átomos que obedecen a las leyes de Newton, e impulsados por fuerzas de repulsión de corta distancia, chocan y hacen carambolas como las bolas de billar. Luego se sostiene que los átomos imaginados tienen una fuerte tendencia a agruparse de manera azarosa como consecuencia de las colisiones entre ellos, esa tendencia se llama “Principio del caos” y constituye la causa de la imprevisibilidad de las condiciones climáticas.

Esa nube caótica de las bolas de billar emula la conducta de los gases diluidos y obliga a introducir correcciones a la ley de los gases ideales a medida que aumenta la densidad del gas como producto de las fuerzas interatómicas. Por eso decimos que la *“teoría cinética” explica la ley de los gases ideales, por que da cuenta del origen de esa ley.*

A principios del XX se descubrió que las moléculas, los átomos y las partículas subatómicas responden a las leyes de la mecánica cuántica, muy distintas a las newtonianas que los científicos tuvieron que términos nuevos para ponerlas en palabras.

**Si se proyecta un rayo de helio en unan superficie perfectamente sólida desde el punto de vista atómico, los átomos del rayo no rebotan en todas direcciones como indican las leyes de Newton, sino que difractan y producen un arco iris. Los átomos no son bolas de billar sino ondas y sus partículas también se unen para formar átomos como las olas del mar se unen para formar la marea.**

De aquí se desprende que las leyes de Newton no son fundamentales sino emergentes pues son una consecuencia de la agregación de materia cuántica que forma fluidos y sólidos macroscópicos, fenómeno colectivo o de organización. Fueron las primeras leyes que se descubrieron, trajeron la revolución tecnológica y son los más exacto y verdadero que conocemos en física, pero se reducen a nada cuando las observamos de cerca.

El requisito que las leyes de Newton emerjan en el límite con lo macroscópico se denomina principio de correspondencia, aun no se imponía la mecánica cuántica y funcionó como un límite para entender el significado de la medición cuántica.

Las ideas ideológicas sobre la indeterminación cuántica son erróneas y son un producto inesperado en este proceso. El principio de correspondencia, no obstante es imposible de verificar por métodos matemáticos.

La conducta de los **superconductores nos revela que la realidad de la vida cotidiana es un fenómeno colectivo de organización.**

#### 4- Agua, hielo y vapor

*La ley es la determinación de cierto orden.*  
*Aristóteles*

Las Fases de la materia- estados sólido, líquido y gaseoso son fenómenos de organización sorprendente si se piensa que forman parte de nuestra vida diaria<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> (N de A.A.C ) y nuestro propio cuerpo?

Si falla la organización de un sólido cristalino- ordenación espacial de los átomos en una red- se perdería la rigidez, por que no existe ningún recurso físico que la sostenga. La propiedad que valoramos en los dos casos es el orden,

Un fenómeno sencillo y universal que se repite con regularidad no puede ser demasiado sensible a los detalles microscópicos. Un fenómeno exacto como la rigidez no puede depender de ningún detalle. El agua es un caso problemático, se han identificado hasta ahora 11 fases cristalinas en el hielo del agua común.

Las fases de la materia son fenómenos emergentes y constituyen un aprueba contundente de que en la naturaleza las escalas están bien separadas, las leyes microscópicas pueden ser verdaderas, y al mismo tiempo irrelevantes a nivel microscópico o por que lo que medimos es insensible o por que lo es demasiado., las dos situaciones pueden ocurrir simultáneamente, por eso es difícil de predecir qué fase cristalina adoptará el hielo a una determinada presión. Las fases de la materia también tienen que ver con la organización, la evidencia es compleja e indirecta e imposible de separarla de la teoría por que el esclavón lógico que vincula los principios fundamentales con las conclusiones es endeble.

Los sólidos cristalinos son redes de con tendencia a desviar los rayos X en ángulos específicos, fenómeno que s inexistente en los líquidos y en los gases.

Los sistemas con un número pequeño de átomos responden a leyes deterministas de la cinemática y a nada más.

**Las leyes elementales tienen en principio la capacidad de generar fases o transiciones de fase como fenómenos de organización.**

Las leyes microscópicas <sup>10</sup>son verdaderas y existe la posibilidad de que intervengan en la formación de fases, entonces podríamos asegurar que son la causa aunque no podemos probarlo en forma deductiva.

***“Desde una perspectiva práctica, no hay mucha diferencia entre una ley emergente y un milagro, pero desde el punto de vista filosófico, la diferencia es abismal”***

**El tema de las fases de la materia sienta un precedente, la prueba de que todo depende de la organización<sup>11</sup>**

Las leyes elementales tienen en principio la capacidad de generar fase o transiciones de fase como fenómeno de organización.

La fase líquida y la fase metálica tienen sus versiones particulares a bajas temperaturas: la superfluidez y la superconductividad en las que la exactitud del comportamiento de la materia es aún más sorprendente.

En la vida cotidiana hay muchos ejemplos de exactitud generada por las fases de la materia.

**El modelo más sencillo de exactitud emergente, es la regularidad de las redes cristalinas, responsable de la rigidez de los sólidos. Este grado de perfección se pudo comprobar cuando se desarrolló la técnica de difracción de rayos X.<sup>12</sup>- la perfección del orden se infiere de la exactitud de la desviación de los rayos X<sup>13</sup>.**

<sup>10</sup> (N de AAC) es decir que leyes microscópicas son químicas. Hasta en la biofísica.

<sup>11</sup> (N de AAC) Podríamos relacionar este concepto tanto en la existencia de fenómenos, objetos como desarrollo de un evento o la construcción de algo que siempre va a depender de la organización. El acto creativo es organización. Por eso la comparación mensurable de un tipo de organización gráfica como el Mandala y la organización dual de un dibujo es probable.

<sup>12</sup> En 1965, Robert Hooke observó que los cristales podían ser empaquetamientos de “glóbulos” idénticos de materia. (N de AAC: como sucede en los fractales de los cristales que son iguales a los Mandalas. La simetría diferenciada de la aleatoriedad

<sup>13</sup>(N de AAC) Esta perfección de forma en tanto rígida, me recuerda el diseño de los Mandalas y los cristales de agua. Sin dejar de lado el valor místico del Mandala = orden espiritual. En sonido esta organización mística se llama Mantra)

En las estructuras cristalinas, lo más asombroso es que el orden se mantiene constante aunque aumente la temperatura.<sup>14</sup>

Un estado colectivo de materia se detecta sin ambigüedad en comportamientos que son exactos en muestras grandes, pero inexactos o inexistentes en muestras pequeñas, **una transición abrupta entre fases es un signo de que el fenómeno se relaciona con la organización. Sin embargo la transición en si misma es solo un síntoma, lo importante es la exactitud emergente que la necesita**

La fusión y sublimación del hielo son un signo de pérdida del ordenamiento cristalino y de la adquisición de un grupo de comportamientos que en su conjunto constituyen la hidrodinámica. Los principios de la hidrodinámica no son sensibles a los detalles, por ejemplo cuando los buzos pueden hablarse en el momento que en la mezcla del tanque el nitrógeno se cambia por helio.

Fases exóticas como estas, supersólidos y otras sirven para demostrar que los sólidos, los líquidos y los gases son casos especiales de algo más general. La propiedad exacta que permite distinguir el estado líquido del agua del gaseoso es algo mucho más sutil: la interfase entre ambos. El fenómeno emergente que distingue esos estados, no es el orden sino la superficie, esa superficie y las leyes que rigen su movimiento se vuelven más definidas cuando aumentan la distancia y el tiempo de medición, y a la inversa., Este es el fenómeno que ocasiona las nubes, la lluvia y la violencia del mar.

**Lo más importante de la organización de las fases de la materia es que es la responsable de la existencia de los objetos**<sup>15</sup>

La superfluidez y la superconductividad son las versiones fluidas de la rigidez cristalina ideal. No es algo evidente por que parecen fenómenos cuánticos sin análogos en el mundo newtoniano. El orden de los superfluidos es simple (aunque exótico).

El hecho que la rigidez de los superfluidos comparta propiedades con la rigidez cristalina permite establecer analogías entre ambos estados.

La ruptura de la simetría se podría explicar de manera colectiva y espontánea: la materia adquiere una propiedad o una preferencia que no está presente en las leyes que la rigen, por ejemplo los átomos ordenados en un cristal con determinada ubicación aunque antes de la formación del cristal un hubiera ninguna preferencia de lugar.

**Cuando una muestra de hierro adquiere propiedades magnéticas, el propio magnetismo selecciona espontáneamente una dirección. Esto demuestra que los principios de organización otorgan a la materia una mente propia y le permiten tomar decisiones al “azar”, partiendo de condiciones iniciales o de factores externos que en otros contextos serían irrelevantes. Cuando se ha tomado la decisión, se vuelve REAL y el azar deja de actuar. La ruptura de la simetría es un ejemplo sencillo y convincente de cómo la naturaleza se complejiza por sí misma a pesar de responder a leyes simples.**

La existencia de fases y transiciones entre fases demuestra que la examinación newtoniana no alcanza. **La organización es capaz de generar leyes y no a la inversa, y las leyes subyacentes no son erróneas sino irrelevantes e impotentes ante el principio de organización.**

---

<sup>14</sup> un átomo dado se mueve y en determinado momento se aparta ligeramente de su sitio ideal en la red: ese es el significado físico del calor

<sup>15</sup> (N de AAC) Como el ordenamiento para la creatividad - crear: dar origen = existencia = realidad

## 5- El gato de Schrödinger

La mecánica cuántica es el conjunto de leyes deterministas que rigen el movimiento de las unidades pequeñas de la materia: las moléculas, los átomos y las partículas subatómicas que la forman. Sus bases teóricas fueron establecidas en la década del '20 para explicar ciertas observaciones experimentales desconcertantes y difíciles de interpretar con los parámetros de la mecánica newtoniana, por ejemplo el hecho de que los átomos gaseosos emiten luz con longitudes de onda definidas, la tendencia de los cuerpos calientes a irradiar un color que aumenta en intensidad con la temperatura, y las leyes de los enlaces químicos y la radioactividad. El aspecto más “alucinante” es que la mecánica cuántica combina el determinismo newtoniano con la indeterminación probabilística que depende de las circunstancias particulares en las que se observan los fenómenos. La esencia consiste en afirmar que al tomar mediciones se perturba la evolución determinista del tiempo. El hecho de que considerando un principio dado se obtengan resultados experimentales inciertos es interesante e importante a la vez.

Edwin Schrödinger, que aportó mucho a la teoría cuántica interpretó el absurdo de la paradoja del observador inherente a la teoría y la ejemplificó irónicamente con un experimento imaginario conocido como “el gato de Schrödinger”:

Un gato encerrado en una caja

Un único átomo radioactivo

Un contador Geiger (un tubo de gas conectado a un amplificador)

Una ampolla de cianuro

Un cubo con ácido

El contenido de la ampolla cae en el cubo de ácido cada vez que el contador Geiger detecta la emisión de partículas radioactivas.

El dispositivo tiene la función que el gato muera cuando se emita radioactividad.

Según los principios deterministas de la mecánica cuántica, una cantidad – finita – valorada por una función de onda sale del átomo de a poco, otra cantidad finita se mantiene dentro del átomo.

El significado físico de la cantidad que el átomo conserva es la probabilidad de que este no se haya desprendido de su radioactividad en el momento de realizar la medición con el contador Geiger, o al abrir la caja para ver como está el gato.

Hasta abrir la caja (modificar la medición), la probabilidad de que este vivo o muerto es la misma.

**En esta paradoja algo queda sin explicar, y esa idea faltante en las mediciones cuánticas es *La Emergencia*, en particular el principio de ruptura de la simetría que se requiere para que la maquinaria tenga sentido, pero en la ciencia la revelación no se alcanza encontrando caminos para creer en cosas que no tienen sentido, sino detectando fenómenos que no se entienden y realizando experimentos para comprenderlos mejor.**

El problema radica en la indeterminación y para que realmente funcione la medición tendría que haber mayor cantidad de átomos, sino el Geiger no funcionaría, que también debería ser grande, reconociendo que el tamaño es un factor importante se resolvería el misterio: todos los detectores cuánticos están formados por sólidos, y por lo tanto se valen de la ruptura de la simetría propia de los sólidos que ocurre cuando el tamaño es considerable. Según la definición convencional de la Observación, el fenómeno observado no debe modificarse por el acto de observarlo, para que esto no

ocurra, debería suceder que las distintas partículas cuánticas del experimento cooperasen y se transformen en un objeto clásico regido por las leyes newtonianas. Pero en el nivel de la desintegración del átomo es otra situación pues el sistema se ve afectado por el acto de observar. El aparato funciona transformando una señal cuántica en una clásica por medio de la emergencia de los objetos.

Uno de los motivos por el cual la ruptura de la simetría es difícil de deducir de las leyes de la mecánica cuántica es que el mundo está configurado como una maraña de cosas entrelazadas.

La función de onda de un sistema de comportamiento cuántico es parecida, las distintas posiciones y orientación de partículas se convierten en un número. El estado de un sistema cuántico se define por esa fórmula. A su vez en mecánica cuántica el movimiento determinista es la evolución lógica y sistemática de la ecuación en función del tiempo. El entrelazamiento es la interdependencia implícita en cada fórmula. Esto fácil de entender pero casi imposible de creer. El entrelazamiento cuántico carece de relevancia para el experimento, los amplificadores son puentes entre el mundo cuántico y el clásico.

Sin embargo el problema ideal de la mecánica cuántica es tan manejable que todo el sistema – átomo más detector- tiene solución sin necesidad de postular indeterminación alguna.

Todo esto se debe a que por ejemplo al concepto de la muerte del gato de Schrödinger es un concepto emergente. La naturaleza emergente del principio que utilizan los amplificadores cuánticos les confiere ciertas propiedades universales aunque con el famoso “ruido cuántico” (error cuántico), es decir que hay una relación fundamental entre sensibilidad y ruido. La expresión abstracta de tal situación es el principio de incertidumbre de Heisenberg, equivalente al lápiz apoyado en la punta que tarda cuanto máximo 5 segundos en caer.

La materia de la mecánica cuántica consiste en ondas de nada, la llamamos dualidad onda-partícula, la idea que las partículas son objetos newtonianos que a veces generan interferencia, difractan rayos y demás como si fuesen ondas. Pero la dualidad no existe, la noción newtoniana de que la posición y la velocidad caracterizan un objeto es incorrecta, es necesario entonces reemplazarla por otra cosa a la que denominamos función de onda, una abstracción que expresa pequeñas variaciones de presión que se producen en el aire cuando es atravesado por el sonido, pero que es una onda? (aquí está uno de los problemas que se crea al utilizar una palabra común para definir un fenómeno inusual).

En el uso común, onda es un movimiento colectivo de algo, como la superficie del océano. No tiene sentido que una onda convencional exista fuera del contexto del objeto que la genera. En física en cambio hay una larga tradición que consiste en no hacer distinción en cosas no observables y cosas inexistentes. Por eso aunque la luz se comporte como si fuese una onda emitida por una determinada sustancia, no hay evidencia de la existencia de esta sustancia entonces decimos que es inexistente., por razones similares aceptamos que el medio en que se mueve cuando se propagan las ondas de la mecánica cuántica es inexistente.

Las ondas cuánticas son materia y no solo eso, tienen aspectos medibles en forma incompatible con las vibraciones de una sustancia. Son otra cosa.

Por este motivo las “interpretaciones van más allá de lo comúnmente comprensible.

## **6- La computadora cuántica**

En el nivel superior son herramientas de almacenamiento de datos, un nivel más bajo está el procesador, más abajo los microchips de silicio con redes de cables y transistores, más abajo está la red ordenada de átomos de silicio a través de los cuales se mueven los electrones y los huecos que éstos dejan. La computadora funciona como cualquier otra moviendo materia de un lugar a otro. Es muy sencillo provocar movimiento a través de electrones a velocidades muy altas, o por ejemplo la alineación de cristal líquido en los píxeles que muestra el monitor. Una diferencia con cualquier máquina es la facilidad con que pueden modificarse sus enlaces mecánicos. El proceso de modificación se llama programación: construye enlaces mecánicos complejos entre partes simples. La computación está fundada en una enorme pirámide funcional.

El transistor es un ecualizador, percibe el movimiento de los electrones en un cable y genera un movimiento de electrones en otro cable, la magnitud del 2º movimiento es igual al 1º, aunque sea este muy pequeño. Esto es lo que hace que las computadoras funciones con el principio del todo o nada: los cables no se activan a medias.. Las señales son newtonianas, el misterio de las computadoras no está en los detalles microscópicos sino en la naturaleza emergente de sus funciones.

En el nivel de los transistores las computadoras dependen de la idea de certeza absoluta en las mediciones, correcto o incorrecto. Los transistores no solo son dispositivos newtonianos sino que además crean newtonianidad cuando producen movimiento electrónico de gran envergadura, en el cual se genera una gran cantidad de calor. La generación de calor garantiza la fiabilidad del sistema. La pequeña modificación del diseño del transmisor hacen posible el diseño de la computadora . Uno consiste tener dos cables de entrada y hacer que este activo si el cable de entrada esta inactivo. La otra implica una negación es decir que el transistor estará activo si el cable de entrada está inactivo y viceversa. Esto implica una lógica y es la base conceptual de los circuitos de las computadoras que tienen “una red lógica enorme y un reloj, una pequeña porción del circuito que conecta y desconecta un cable con una frecuencia regular. El reloj de las PC es muy veloz, “late” a mil millones de veces por segundo”.

La computadora “cuántica”, es una nueva clase de hardware que podría utilizar el entrelazamiento de la función de onda cuántica para resolver algoritmos que las PC actuales son incapaces de calcular. Esta forma de cálculo implica una generación enorme de números primos y la factorización rápida de otros números enormes. El problema es que estas computadoras cuánticas producen indeterminación cuántica. Pero la base física de la fiabilidad computacional es la newtonialidad emergente. Si se quisieran corregir errores en la Computacionalidad cuántica seria imposible por que la base física es inexistente. La verdadera computadora cuántica utiliza silicio (semiconductor) en el que cada átomo se rodea de 4 átomos y tiene 4 electrones disponibles para usar en enlaces químicos. Los enlaces químicos del silicio son débiles y se rompen con facilidad.. Una vez que se libera de su enlace, el electrón se mueve libremente, igual que el hueco que deja. La rectificación y la amplificación de los dispositivos semiconductores se relacionan con la manipulación de esos huecos y electrones libres mediante modificaciones químicas y cables adosados. La mecánica cuántica que nos interesa es la que rige las reglas de las uniones químicas y el desplazamiento de los huecos y electrones libres.

“.. Como en cada hueco falta un electrón , la carga eléctrica es opuesta a la de los electrones. Cuando los ingenieros hablan de un electrón o un hueco, en realidad se refieren a uno de esos movimientos colectivos complejos y no a una partícula aislada.

...

..” el espectro de las impurezas no solo es análogo a las de un átomo sino que es indistinguible en términos físicos del de un átomo, salvo por la especificidad de las longitudes de onda de la luz emitida”

...

La naturaleza cuántica de los electrones y los huecos impondría una limitación fundamental a la ley de Moore, la importante observación del fundador de Intel, Gordon Moore de que el número de transistores de una determinada zona del silicio tiende a duplicarse cada 18 meses.

En la actualidad se inició una carrera incesante para lograr densidades cada vez mayores. Los fabricantes de chips deben resolver problemas cada vez más serios causados por la generación de calor y los límites al tamaño impuestos por la litografía óptica.

. Dentro de diez años, los transistores serán tan pequeños que sus dimensiones serán cuánticas y entonces se amplificarán los errores.

“..Quienes se dedican a disciplinas relacionadas con la tecnología tienen la obligación de saber codificar”.

## **7- Vino Klitzing**

Von Klitzing descubrió que la estabilidad se mantenía cuando se pasaba de una intensidad a otra, de un día a otro y de una muestra a otra, con un margen de error de un aparte de un millón. El advirtió que el cuanto de la resistencia de Hall era una combinación de constantes fundamentales que consideramos componentes básicos del universo: el cuanto invisible de la carga eléctrica  $e$ , la constante de Plank  $h$ , y la velocidad de la luz  $c$ .

Con el trabajo teórico realizado después del descubrimiento de Von Klitzing, hoy sabemos que la imperfección tiene el efecto contrario, es la causa de la perfección de las mediciones.

Este descubrimiento fue un hito que marco un momento definitorio en el pasaje de la era del reduccionismo a la era del emergentismo. Este pasaje de ha denominado “transición de la era de la física a la era de la biología”, aunque esta denominación no es correcta.

## **8- Resolví el problema durante la cena**

El comportamiento de los metales es un fenómeno emergente, de organización.

Si los átomos no se movieran, no habría superconductividad. Pero en los metales los átomos *siempre* se mueven. El mar de electrones es sumamente inestable, por lo que será superconductor a y temperaturas muy bajas

El rasgo clave del estado superconductor que predice la teoría es algo denominado vacío energético. Este se describe en términos matemáticos.

El experimento para medir el vacío consiste en separar dos semiconductores con una delgada capa aislante. Así sin necesidad de ningún voltaje ocurre un flujo de una pequeña corriente eléctrica, para obtener mayor corriente hace falta superar el umbral del voltaje. Si se calienta el aparato por encima de un valor crítico, la superconductividad desaparece, se forma nuevamente el mar de electrones, cesa el flujo de la supercorriente y la corriente convencional fluye de inmediato cuando se aplica un voltaje.

Bob Schrieffer fue quien haló la clave en relación con el vacío energético, se le ocurrió la idea durante un viaje de metro en N-Y.

La teoría de la superconductividad es falsable y elegante. Cuenta que pasó toda la tarde para darle forma a la idea, recién a la noche logró escribir la fórmula. Esto demuestra que la física teórica se parece más al arte que a la ingeniería, y por eso no siempre pueden crearse sus productos a pedido. La idea física es anterior a la matemática, y la escritura de una ecuación simple es comparable a la de un poema o a la letra de una canción.

La superconductividad no es demasiado difícil, de entender. Es el primer caso con que los físicos nos encontramos en el que el truco matemático es tan obvio que no se sostiene. De ahí que la idea de Schrieffer sea una joya intelectual, logró trascender su formación como físico y llegar al fondo de las cosas. La creencia errónea de que la superconductividad era un problema tecnológico fue la razón por la que nadie había encontrado la solución.

Las leyes microscópicas de la mecánica cuántica requieren que el estado de un sistema sea único.

Las historias de los sistemas grandes difieren de las de los sistemas pequeños en que describen fenómenos colectivos sin detenerse en los detalles sin importancia. El efecto emulado en la teoría de la superconductividad es algo similar: la tendencia de los electrones a actuar en conjunto y trasladarse como un único cuerpo gigante, igual que los átomos en una red cristalina. En verdad no hay diferencia entre lo que ocurre en la superconductividad y lo que sucede en la cristalización, salvo que el primer fenómeno es más difícil de describir si se oblitera la descripción no cuántica obvia en momentos clave.

Los superconductores presentan comportamientos exactos y esto se debe a la multiplicidad emergente de estados fundamentales de Schrieffer. El más famoso de estos comportamientos es el efecto Meissner, la levitación espontánea de una pieza pequeña de un superconductor situada sobre un imán.

El debate sobre la teoría de la superconductividad fue muy largo por que el nudo de la cuestión era conceptual. La teoría fue aceptada gracias a los “detalles espectroscópicos” que explicaban la capacidad calorífica (que Bardeen resolvió durante la cena), el coeficiente de transmisión de calor, el valor energético, la relación entre ese vacío y la temperatura de transición de la superconductividad, la variación de esa temperatura con la masa de los isótopos, las variaciones en la velocidad del sonido durante la transición, etc. La maquinaria de la ciencia no opera con conceptos sino con hechos y tecnología. Así la teoría de Bardeen, Cooper y Schrieffer se incorporó en el cuerpo de la ciencia como una tecnología computacional y no como un concepto.

La falla estaba en el mar de electrones en el que se basaba: los materiales en cuestión no tenían mar de electrones.



La parte humana de la superconductividad a altas temperaturas es compleja, como suele ocurrir cuando las ideologías colapsan. La matemática de la teoría de Bardeen Cooper y Schrieffer no era importante en sí misma sino que era un medio para demostrar la existencia y la naturaleza de un orden novedoso.

## **9- La familia nuclear**

En la década de 1930 se descubrió que la radioactividad tenía mucho en común con la química, salvo por la escala en la que operaba.

(Un estudio reciente del Instituto Brookings revela que a partir de 1940 el costo del armamento nuclear excede los 5 billones de USA. Los costos de “apoyar” la ciencia son más difíciles de calcular debido a la ambigüedad del significado de “apoyar”. Las partidas de presupuesto del Departamento de energía del 2002 ascendieron a 700 millones de USA para investigación en Física de partículas y 300 millones de USA para física nuclear y 300 millones para fusión).

Los procesos obedecen a las mismas leyes de la mecánica cuántica que se observan en la química. La única diferencia fundamental es la complejidad de las fuerzas entre las distintas partículas del núcleo. En Química no hay más que la fuerza electrónica elemental pero en los núcleos hay fuerzas que escapan a las descripciones sencillas: son las que se han dado en llamar: Fuerza nuclear.

La violencia es una característica muy común en física nuclear, porque las fuerzas que actúan entre protones y neutrones son enormes.

Uno de los pocos efectos delicados de la física nuclear es la fisión térmica del uranio. Cuando se inicia la reacción, los neutrones se mueven a una velocidad del mismo orden de la que adopta una molécula de aire, y luego la energía de la partícula se amplifica por un factor de cien millones. Esa propiedad particular del uranio posibilita el funcionamiento de los reactores nucleares que utilizan agua como moderador.

La antimateria es uno de esos fenómenos naturales cuya rareza es tal que no podría ser escrito por un escritor de libros de ciencia-ficción. Es la copia exacta de la materia, pero las cargas eléctricas son inversas, de modo que puede reaccionar con la materia y generar una explosión catastrófica.

La existencia de la antimateria y sus propiedades son sumamente importantes para el conocimiento de la naturaleza del universo. En la década de 1920 se descubrió que era imposible describir el comportamiento de una partícula aislada a baja y alta velocidad con ecuaciones cuánticas de movimiento. La solución consistió en considerar el espacio como un sistema de diversas partículas similares a una roca común.

El hueco se mueve y se comporta como un electrón extra en el silicio, salvo porque tiene carga eléctrica positiva.

En física, la semejanza entre el vacío del espacio y las fases de la materia a bajas temperaturas ha adquirido dimensiones de leyenda. Nos acostumbramos al uso de terminologías paralelas e intercambiables para la materia y el espacio. Entonces, en lugar de referirnos a fase de la materia, hablamos de vacío. No decimos “partícula” sino “excitación”. No decimos “movimientos colectivos” sino “cuasipartículas”.

Junto con el de los electrones y los huecos, el caso más sencillo de emergencia de partículas en rocas es la cuantización del sonido. El sonido es la vibración de materia elástica, el aire, por ejemplo, pero también de materia sólida, como una pared. Desde el punto de vista cuántico, el sólido es más interesante porque el sonido sigue verificándose aun a temperaturas muy bajas. A esas temperaturas, el sonido es particulado. La cuantización del sonido es un rasgo universal del estado cristalino. Las partículas siempre aparecen cuando la materia presenta ruptura espontánea de la simetría.

Las propiedades cuánticas del sonido son idénticas a las de la luz, a pesar de que, a diferencia de ésta, el sonido es producto del movimiento colectivo de la materia elástica.

Un aspecto del vacío es la gran simplicidad de las descripciones de la teoría cuántica de campos, algo inusual. Otro es el de la jerarquización de escalas, la tendencia de los fenómenos a la subordinación secuencial a medida que se incrementan la distancia y el tiempo. <se supone que el vacío, al pasar de una temperatura muy alta a una baja, atraviesa etapas llamadas transiciones de unificación, en las que las fuerzas de la naturaleza se desprenden en forma secuencial de su antecesora fundamental. El vacío es una fase de la materia. Así y todo, los físicos se refieren a la teoría de campos. No hablan de fases sino de ruptura de la simetría, y en vez de tratar transiciones de la fase, intentamos explicar la unificación de fuerzas. La confusión es ideológica.

A veces los humanos llegamos muy lejos para poder ver el mundo como creemos que debería ser, incluso cuando la evidencia muestra lo contrario.

## **10- La estructura del Espacio tiempo**

La teoría de la relatividad formulada por Albert Einstein es algo que todos hemos oído hablar pero que pocos entienden. La versión original de la relatividad, denominada teoría especial es una ley bastante sencilla, pues no es una ecuación de movimiento sino una propiedad de esa ecuación, una simetría.

La simetría es un concepto importante en física. Un ejemplo es la redondez, la cual es una propiedad especial que permite distinguir las bolas de billar de otros objetos rígidos de formas arbitrarias y que se revela en la simplicidad y regularidad poco comunes de su movimiento. La simetría de la relatividad tiene que ver con el movimiento.

La relatividad no fue un invento sino un descubrimiento. En cambio, la teoría de la gravedad de Einstein sí fue un invento. La predicción más importante de esta teoría es que el espacio es en sí dinámico.

Es una gran ironía que la teoría general de la relatividad de Einstein se reduzca a una conceptualización del espacio como un medio cuando la premisa inicial era que no existiese ese medio. La idea de que el espacio podría ser una sustancia material es muy antigua. Los estoicos la llamaban “eter”. En rigor de verdad, la teoría de la relatividad no afirma ni niega la existencia de materia en los huecos del universo; se limita a sostener que **esa materia, cualquiera que sea, tiene la propiedad de la simetría relativa**. Resulta que sea materia existe. En la misma época en que la teoría de la relatividad comenzó a ser aceptada, los estudios de radioactividad empezaron a mostrar que el vacío del espacio tenía una estructura espectroscópica similar a la de los sólidos y los

fluidos cuánticos ordinarios. El espacio se parece más al vidrio de una ventana que a la vacuidad ideal de Newton: está lleno de “cosas” que normalmente son transparentes pero que pueden hacerse visibles si se golpea con la fuerza suficiente para desprender una parte.

La conclusión de que el vacío es en realidad un medio empezó por el principio de equivalencias según el cual todos los objetos están bajo el influjo de la fuerza de gravedad en la misma medida, más allá de su masa. Einstein infirió que la fuerza de gravedad era ficticia por naturaleza, pues podía desactivarse si se permitía la caída libre del observador y su entorno. El efecto de la cercanía de un objeto con su masa no era la creación de fuerzas gravitacionales sino la convergencia de las trayectorias de caída libre.

“Si dejáramos caer a unos astronautas en línea recta hacia la Tierra (un experimento bastante poco feliz, por cierto), éstos podrían creer que están en lo profundo del espacio, pero al poco tiempo advertirían que los objetos que se desplazan a su alrededor se acercan lentamente. Eso se debe a que todas las trayectorias de caída libre se dirigen al centro de la Tierra, donde tarde o temprano se encontrarán”.

Las trayectorias en caída libre son ejes de longitud de una superficie de mayores dimensiones y la gravedad ocurre porque las grandes masas estiran esa superficie y la obligan a curvarse.

*Ecuaciones de campo:* se refieren a la relación entre masa y curvatura. Relaciones entre la tensión-energía y la curvatura del espacio – tiempo en cuatro dimensiones.

La predicción de que, además de estirarse, el espacio puede ondularse es una consecuencia de que el fenómeno responde a la relatividad, a una simetría de movimiento. En esencia, también es lo mismo que la propagación de la superficie de la Tierra de una onda sísmica producida por un terremoto.

En el ropero de la relatividad general se esconde un muerto espantoso: la constante cosmológica. Se trata de una corrección hecha a las ecuaciones de campo de Einstein que es compatible con la relatividad y tiene el significado físico de una densidad de masa uniforme en el éter relativo.

En centro de los debates de la validez de la relatividad está la idea de que la simetría de la relatividad es distinta de todas las otras simetrías porque es absoluta. Pese a su lugar encumbrado dentro de la disciplina, la idea de la simetría absoluta no tiene ningún sentido. Las simetrías son consecuencia de los objetos, no su causa.

La observación de que el vacío del espacio no contiene nada no es en absoluto inocente. Constituye evidencia incontestable de que los fenómenos de la luz y la gravedad están relacionados y, probablemente, son ambos de naturaleza colectiva. Al igual que el sonido, entendido en términos de mecánica cuántica, la luz difiere de la versión idealizada de Newton en que contiene energía incluso cuando está fría. De acuerdo con el principio de la relatividad, esa energía debería producir masa y eso, a su vez, debería producir gravedad.

“No tenemos la menor idea de por qué eso no ocurre, así que nos ocupamos del tema como hacen los gobiernos: decretamos que en el espacio vacío no hay gravedad”.

El deseo de explicar la paradoja de la gravedad en el nivel microscópico ha dado lugar a la supersimetría, un constructo matemático para asignar un complementario especial a cada partícula elemental.

Si Einstein estuviese vivo, se enfadaría con los físicos por haber permitido que se produjera semejante desastre y estaría enfurecido por la transformación de sus hermosas creaciones en ideologías, con la consiguiente proliferación de inconsistencias lógicas. El era un académico y un artista, pero por sobretodo era un revolucionario. Su forma de hacer física puede resumirse así: hipótesis mínimas, total acuerdo con los datos empíricos, coherencia absoluta en el plano de la lógica, y desconfianza de las creencias sin fundamentos.

## **11- Festival de baratijas**

“Nuestra vida académica consiste en formular leyes, pero ¿Cuántas nos quedan aún para alcanzar nuestro objetivo?

En el futuro pueden ocurrir dos cosas: que conozcamos todas las leyes, con lo que llegaríamos al final del camino, o bien que los experimentos sean cada vez más complejos y caros, que se conozca el 99,9% de los fenómenos pero que siempre se descubra uno nuevo difícil de medir y contrario a la teoría, con lo que todo se volverá más lento y menos interesante. Esa podría ser otra forma de llegar al final del camino. Pero de cualquiera de las 2 formas, el proceso debe concluir.”<sup>16</sup>

En un mundo de números enormes de partículas, lo inusual no es lo complejo sino la ausencia de complejidad. En física, la simplicidad es un fenómeno emergente en lugar de ser un estado que no requiere explicaciones matemáticas. Lo complejo se relaciona con lo azaroso de un evento. Su imprevisibilidad. Cuando afirmamos que una forma es compleja, lo que en verdad queremos decir es que el proceso físico por el cual se formó es inestable y una pequeña alteración provocaría la formación de un perfil diferente. Del mismo modo, una forma es simple si es la consecuencia de un proceso físico invariable. **Lo simple es la excepción y no la regla.**

Existe la *teoría de la complejidad*, una rama de la matemática que se ocupa del caos, los fractales y los autómatas celulares. La teoría consiste en simplificar y abstraer el movimiento de la materia para que pueda ser resuelta por medio de una computadora. Sin embargo, las ecuaciones resultantes no son una representación fiel de la naturaleza. Se limita a mostrar que la emergencia de partículas es razonable.

Un ejemplo de esto es el fractal de una cordillera. Se ajusta un mapa computarizado que simula eficazmente el aspecto de las cordilleras reales. El proceso físico emulado por el fractal es la agregación, un proceso de formación superficial en el que se generan estructuras grandes a expensas de otras más pequeñas. Esto es una agregación dependiente de la difusión<sup>17</sup>.

Otro ejemplo de complejidad es el *Juego de la vida*<sup>18</sup>, un autómata celular, un tablero con fichas que se quitan (muerte) o se agregan (nacimiento) cada vez que un reloj

---

<sup>16</sup> Richard P. Feynman.

<sup>17</sup> Thomas C. Halsey escribió un artículo acerca de la agregación dependiente de la difusión.

<sup>18</sup> Creado por John Conway y popularizado por Martin Gardner.

imaginario hace tictac y generan estructuras que se asemejan a distintos fenómenos naturales, desde cristales sólidos hasta criaturas vivientes. Sus dos reglas son que: 1- una ficha muera a menos que dos o tres de sus ocho casilleros adyacentes estén ocupados por otras fichas. 2- Una ficha nace en un casillero vacío si tres de los ocho casilleros adyacentes están ocupados por fichas.

Así se obtienen *modelos cristalinos* estables de llenado de los casilleros, parecidos al alambre tejido para gallineros; *modelos moleculares aislados*, con forma de conejo o vaca; *modelos cíclicos*, como el de las luces intermitentes; *modelos de movimiento rectilíneo*, como el de un tren; *modelos que interfieren con otros*, semejantes a reflectores o consumidores y todo un zoológico de organismos superiores complejos. “La autoorganización física y los autómatas que la emulan son muy interesantes aunque no sepamos bien por qué”.

“Nuestro conocimiento en este campo se acumula a una velocidad increíble, pero la profundidad del contenido es mínima”.

La nanotecnología esta llena de *nanobaratijas* como, por ejemplo, los nanotubos. Muchos de los usos de los nanotubos como su aplicación como aditivos conductores para plásticos, dependen de la química y pueden reemplazarse con otros medios. Otras nanobaratijas son las nanocápsulas o nanotubos formados por moléculas más pequeñas encapsuladas y los nanotubos de estructura hexagonal denominados nanohilos. En el caso de los nanocristales semiconductores, que presentan propiedades fluorescentes similares a las de los colorantes orgánicos, las formas se parecen a las criaturas generadas por el *Juego de la vida*.

“la idea de que los objetos a escala nanométrica son controlables es tan convincente que que no deja ver la obviedad de que no es así (...) para que parezcan objetos tangibles, recurrimos a analogías con fenómenos físicos que ocurren en la escala macroscópica para que aquellas parezcan objetos tangibles”.

En las nanoestructuras actúan leyes de un nivel superior de organización. Los objetos en sí no pueden manipularse: lo único que puede controlarse es la temperatura, la velocidad del flujo, la orientación del sustrato y otras condiciones físico-químicas.

El proceso de obtención de imágenes con el microscopio electrónico, por ejemplo, comienza con la inmovilización del objeto en un estadio masivo, con lo que la integridad de masa es un artificio técnico.

El desequilibrio entre lo que uno “ve” y lo que es producto de la manipulación del observador nos recuerda algunos aspectos poco felices de la medicina.

Somos testigos de un cambio de paradigma científico. Una nueva interacción entre el hombre y la naturaleza. Habrá que inventar una nueva estructura social que combine áreas de disciplinas existentes dentro de algo que sirva para obtener una idea de conjunto a partir del estudio de las partes.

“Es evidente que aún no se ha inventado tal cosa.”

## **12- El lado oscuro de la protección**

El lado oscuro de la fuerza, es el lado maligno de aquello que los filósofos estoicos denominaban el *orden natural*, un principio o sustancia de la que, según ellos, se nutría

el universo. La malicia del lado oscuro amenaza la paz y la estabilidad y el pueblo busca protección, por ejemplo, en los gobiernos, que pueden en ciertas ocasiones, aprovechar para ejercer una “dictadura cruel y opresiva”.

La naturaleza también brinda protección<sup>19</sup>, con sus leyes insensibles a las influencias externas desestabilizadoras.

“La protección genera exactitud y confiabilidad tanto en el terreno físico como en el humano, pero las versiones físicas tienen la ventaja de ser primitivas, de modo que es posible catalogarlas con seguridad como fenómenos de autoorganización espontáneos que no precisan de más inteligencia que el principio de organización en sí”.

Igual que las instituciones humanas, las instancias de protección de la naturaleza tienen su lado oscuro: la tendencia a circunscribir las opciones mediante el ocultamiento de las causas últimas. La rigidez elástica del estado sólido, gracias a la que se pueden construir estructuras confiables, no permite apreciarla existencia de átomos.

“Las propiedades elásticas son un efecto universal de la ordenación y no cambiarían aunque los sólidos estuviese hechos de otra cosa”.

El caso extremo de este problema es el vacío del espacio que parece estar protegido y por ello se rige por leyes microscópicas que todavía no es posible conocer.

Todos los casos de protección en física se caracterizan por la invariancia de la escala. Un elemento funciona igual si se duplican el tamaño de la muestra y las escalas correspondientes de medición de longitud y tiempo. Ese proceso se denomina *renormalización* y es la base conceptual de la protección en física<sup>20</sup>.

La capacidad de renormalización, de todos modos, es despareja en esencia. Puede aumentarse el tamaño de un elemento indefinidamente sin alterar la ley de renormalización, pero cuando disminuye a escalas atómicas puede dejar de funcionar.

Las muestras pequeñas contienen elementos de todas sus fases posibles, y la identidad del sistema surge de descartar algunas propiedades e intensificar otras durante el crecimiento.

El término técnico para referirse a la reducción de una propiedad física es *irrelevancia* que significa “condenado por los principios de emergencia a la imposibilidad de ser medido debido a su tamaño diminuto”. <se aplica sólo a ciertas cuestiones físicas.

Puede ocurrir que todo sea irrelevante salvo una cantidad característica que crece sin límites a medida que aumenta el tamaño de la muestra. Esa cantidad *relevante* es la que determina en qué fase se encuentra el sistema. Cuando los elementos presentan características universales, el equilibrio los vuelve sensibles a las influencias externas que son determinantes. La protección de los sistemas en equilibrio ocurre con frecuencia en la naturaleza, pero menos de lo que se podría anticipar porque en la mayoría de las transiciones de fases, como en la evaporación del agua, el calor latente hace que las fases coexistan. Cuando se anula la diferencia, en este caso entre el líquido y el vapor, se obtiene el verdadero efecto de equilibrio llamado *opalescencia crítica*.

Las propiedades universales del equilibrio y la relevancia asociada con las transiciones de fase en la naturaleza son la causa de dos efectos físicos, los *Corolarios Ocultos*.<sup>21</sup>

---

<sup>19</sup> Se utiliza el término protección como equivalente al término técnico “punto fijo atractivo del grupo de renormalización.” R.B Laughlin y D. Pines, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol.97,200,p.28

<sup>20</sup> Véase S.Sachdev, *Quantum phase transitions*, Londres, Cambridge University Press, 2000.

<sup>21</sup> Denominación de R.B Laughlin

*1º: Efecto del pavo embustero: Mientras que la protección estable nos permite determinar las leyes que rigen a nivel microscópico, la protección inestable nos engaña y nos hace creer que la hemos descubierto cuando , en realidad, no es así .*

*2ª. La barrera de la relevancia: Si al estudiar un fenómeno pudiésemos predecir el comportamiento protegido al que corresponde a través de resolver ecuaciones matemáticas. Las aproximaciones que haríamos, en una situación protegida estable, contendrían pequeños errores que subsanarían a medida que se aumente el tamaño de las muestras. En una situación inestable, los errores relevantes crecen sin límites. El efecto es similar a la “dependencia sensible a las condiciones iniciales” de la teoría del caos, aunque difiere de ésta en que la evolución no depende del tiempo sino del tamaño.*

*Esta clase de universalidad aniquila la predicción.*

Un ejemplo típico de Corolario Oculto es el efecto de electrones correlacionados, un conjunto de comportamientos de los sólidos que no se ajustan a las categorías tradicionales de metal, material aislante o sustancia ferromagnética, sino que parecen algo intermedio.

“El comportamiento es extraño porque no permite calcularlo, que no es lo mismo que es difícil de calcular porque es extraño.”

Si bien los Corolarios Ocultos están muy bien documentados en la ciencia de materiales, donde tienen más importancia es en la cosmología. El vacío del espacio es renormalizable. Las partículas elementales obedecen a los tipos de ecuaciones independientes de la escala.

“Si la renormalización no es emergente, entonces requiere explicación, pues es milagrosa, y la regla general en física es que las cosas milagrosas responden a una única causa. El vacío emerge en una jerarquía de transiciones de fase en las que se diferencian las distintas fuerzas de la naturaleza. La que está asociada con la separación del electromagnetismo y fuerza nuclear débil es fundamental para la cosmología moderna, porque la energía liberada fue la fuente ostensible de energía para la inflación del breve período hipotético de rápida expansión que siguió al Big Bang.”

### **13- los principios de la vida**

“La naturaleza es una máquina que se ha creado a si misma. Su automatismo es más logrado que el de cualquier máquina automática. Crear algo a imagen y semejanza de la naturaleza equivale a crear una máquina, y cuando el hombre comprendió cómo funciona la naturaleza se convirtió en un constructor de máquinas”.

Eric Hoffer

La noción de emergencia fue concebida por biólogos que buscaban la razón de por qué ciertos aspectos de los organismos vivos son estables y reproducibles (como el instinto), mientras que las leyes de la microquímica de las que dependen esos aspectos son azarosas y se rigen por las leyes de la probabilidad. La vida es el caso de emergencia

más extremo y el más representativo es el funcionamiento de los organismos superiores como el hombre.

Desentrañar el misterio de las cosas lleva tiempo, requiere un gran esfuerzo y cuesta mucho dinero. A veces debido al costo, los investigadores optan por estudiar aquellas áreas donde la probabilidad de llegar a buen puerto es alta y dejar de lado aquellas menos “reditables”. Sin embargo, el no tener en cuenta ciertos aspectos que podrían surgir como resultado de estas investigaciones no efectuadas, puede generar vacíos que perjudiquen el avance en las áreas que sí son de interés.

En el campo de las armas nucleares, por ejemplo, se han realizado varios malos experimentos debido a esta razón.

“Por suerte (o por desgracia, según desde dónde se lo mire), en el diseño nuclear hay márgenes de error amplios debido a la gran cantidad de energía involucrada. Y como en muchos campos de la ingeniería, la “verdad” se determina por las necesidades del mercado en lugar de por la realidad experimental”.

Las investigaciones en la ciencia y la ingeniería difieren en un aspecto fundamental: en ciencia, el poder está en difundir lo que uno sabe; en ingeniería, en cambio, el poder consiste en *guardarse* lo que uno sabe.

En ingeniería la confusión crónica y la ignorancia son la regla, no la excepción, por la sencilla razón de que todos ocultan información. En el campo de la biotecnología, se han producido importantes logros técnicos pero ocultan, sin embargo, un vacío científico, pues en el fondo, los responsables no saben qué es lo que están haciendo. “El objetivo es vencer al cáncer, no comprenderlo”.

“Creo que es una ironía que la misma falibilidad que inspiró a Mary Shelley a escribir Frankenstein - la tendencia a creer que entendemos las cosas cuando en realidad no sabemos nada – sea lo más común y se acepte por razones financieras”.

Hay quienes se pronuncian a favor de la confidencialidad de la información en el campo de las ciencias de la vida. La eliminación de documentos públicos de física nuclear producida luego de la Segunda Guerra Mundial, con el supuesto objetivo de promover la paz y el bienestar mundial, parece repetirse en la actualidad, cuando las armas biológicas - con la tecnología nuclear de nuestra época - son imposibles de manejar. “La sensación de seguridad que genera toda esa pila de libros es bastante ilusoria”.

Además de las presiones económicas en el sector de la ingeniería y que pueden participar en la difusión del conocimiento, hay que preguntarse por qué es tan difícil que se conozcan los mecanismos, por ejemplo, de la regulación genética. El proceso es simple y determinista y consta de dos pasos: la transcripción del ADN en ARN mensajero y la posterior traducción del ARN en proteínas. Sin embargo, las instrucciones inherentes a la traducción son tan flexibles que los científicos no logran determinar su significado. La transcripción genética se vale por el principio físico de la *inestabilidad colectiva*, la cual crearía una barrera de relevancia capaz de destruir la capacidad predictiva y la falsibilidad de las teorías. Se encontraría de esta forma dentro del dominio de los Corolarios Ocultos. Parece haberse encontrado la explicación cuando no es así.

Una gran parte del conocimiento actual es biología es ideológico. Un síntoma clave del pensamiento ideológico es la existencia de explicaciones que carecen de consecuencias y no pueden ponerse a prueba. A ello Laughlin les llama *antiteorías*.



“Hay que tomar en serio los Corolarios Ocultos y considerar la posibilidad de que sea imposible llegar a conocer los principios de la vida por medio de malos experimentos, aunque éstos sean costosos y generen una gran cantidad de información”.

El mundo científico parece no aceptar la posibilidad de que los principios emergentes (como la inestabilidad colectiva) operen sobre organismos vivos, tomando esto como embates del misticismo.

## **14- Guerreros de las galaxias**

“En el fondo, los verdaderos físicos teóricos son anarquistas”.

Según Paul Ginsparg, los físicos se destacan por valorar la excentricidad y la novedad. Los que se dedican a las ciencias biológicas, en cambio, parecen tener una tradición de respeto por el consenso.

La “investigación motivada por la curiosidad” es la forma en que, con desdén, los académicos que entregan subsidios<sup>22</sup>, denominan el tipo de estudios ligados a este aspecto de innovación.

“El impulso de vivir en un ambiente donde reina la libertad creativa es muy fuerte (...) Es la fuente de la creación artística, los descubrimientos científicos importantes y la innovación que caracteriza el progreso de la civilización”.

El sentido práctico de la edad adulta, suele ir en contra de la innovación. Por eso, los descubrimientos suelen ser hechos por jóvenes.

En la ciencia, a veces lo que tiene valor no se relaciona necesariamente con lo científico. El caso de las investigaciones sobre la “fusión en frío” es un buen ejemplo de ello.

La fusión es la fuente energética del sol. Una fuente inagotable que podría solucionar muchos de los problemas energéticos como la dependencia del petróleo. Sólo se produce en entornos muy calientes y la ignición, una cadena reactiva que no puede controlarse, además de ocurrir a muy altas temperaturas, libera una cantidad de energía tal, que hace que sea muy difícil lograrla provocarla. Sin embargo, al no ser imposible, ésta es muy investigada por la ingeniería. A partir de los anuncios que realizaron en 1989 los químicos Stanley Pons y Martin Fleischmann, diciendo que habían descubierto una cantidad adicional de calor liberado en una célula electroquímica que, según ellos, sólo podía atribuirse a lo que denominaron fusión en frío, se desencadenó una inversión millonaria para la investigación en este campo a pesar de que la teoría presentada por los químicos carecía de sostén.

---

<sup>22</sup> Laughlin se refiere aquí, en particular a los académicos de Washington, debido a que se relaciona eso con su experiencia personal.

“Creo hay dos caminos en la vida: uno, el más ascético, es compatible con la ciencia; el otro, no. Los dos comparten que no respetan las reglas que coartan la imaginación, por lo que algunos los confunden. Los científicos que optan por el camino del ascetismo, tienden a no respetar las reglas en el plano intelectual, mientras que en el caso de los científicos más prácticos y emprendedores, los límites que se franquean son de orden moral”.

## **15- Picnic al sol**

...”la especialización es para los insectos”.

R.A: Heinlein

El Taller Multidisciplinario sobre la emergencia, organizado por varios años por Sepp Gumbrecht, convocaba a científicos de diferentes disciplinas, como la física, la cosmología, biología, filosofía, antropología, etc.

Los científicos creen que el arte o la historia, por ejemplo, son campos muy interesantes pero muy complejos, mientras que los humanistas, en cambio, creen que disciplinas como la química y la física son muy simples. Coincidían sin embargo, en que la idea de la sofisticación que emerge de lo primitivo era fundamental, así que ese fue el tema a tratar en el encuentro.

“A diferencia de los físicos, los humanistas tienen la rara costumbre de armar su discurso en torno a palabras, no a hechos, quizá porque se dedican a entender cómo son los seres humanos, mientras que nosotros nos interesamos en saber cómo funcionan las máquinas”.

En el encuentro se intentó buscar una definición para la palabra *emergencia*, la cual en principio resultó ser una tarea un tanto escurridiza. Luego comenzaron a salir algunos ejemplos interesantes, por ejemplo, en torno a la organización automática de los insectos. En las colmenas, no hay un ejecutivo que asigne tareas o decida como se organiza la economía de la comunidad. Las abejas se organizan por sí solas. La naturaleza de una colonia depende de la conducta de cada abeja, como ocurre con las estructuras en *El juego de la vida* de Conway, que dependen de las reglas del movimiento y su resultado es difícil de predecir.

A partir de la organización económica de las abejas, los científicos también se refirieron a la economía de los hombres, donde se resaltó sin embargo, que la teoría marxista señala que la premisa fundamental de socialismo es que las leyes de la conducta humana, tal como se las conoce, deben ser controladas por gobiernos que promuevan el bienestar general.

Pero esa noción es incompleta, pues falta considerar que la economía depende de principios de organización complejos codificados en leyes de la conducta humana en forma tan eficaz que es imposible interferirlos.

Luego de la economía se pasó a tratar la conciencia, pero esa discusión se empantanó cuando entró en juego la concepción de materialidad de la conciencia, y luego a la jurisprudencia.

Se decía que los juristas estadounidenses e ingleses adherían a la postura *racionalista*, según la cual las disputas legales no sólo podían, sino que debían decidirse siguiendo una lógica que respetara principios fundamentales o los objetivos de una política determinada. Sin embargo, las leyes redactadas suelen ser vagas, y de esa forma los tribunales tienen una gran margen para interpretar esas leyes.

Sin embargo, un grupo de académicos *no racionalistas* piensa que, lejos de ser una patología, la vaguedad y la tarea interpretativa, típicas del sistema jurídico, que esa característica trae aparejadas son parte de la naturaleza de toda ley.

En cuanto a la invención de la escritura, algunos expertos aseguran que se originó en la Mesopotamia alrededor del 3300 a.C. y que desde ahí se extendió al resto del mundo. Otros piensan que la práctica se inició paralelamente en tres regiones: Cercano Oriente, China y Mesoamérica.

El tema de la escritura derivó en el tema del lenguaje, más antiguo y con menos evidencia tangible, y se recordó que hoy en día se cree que la prosa es la forma natural de organizar la escritura y el pensamiento, pero eso no es correcto. El ritmo y la rima poética, rasgos que facilitaban la memorización, fueron anteriores a la prosa.

“En el reino de la actividad humana (praxis), ciertas cosas no pueden controlarse y hay que permitir que ocurran por sí solas”<sup>23</sup>

“La emergencia es la estructura de organización compleja que parte de leyes simples. La emergencia es la inevitabilidad estable que adoptan ciertos fenómenos. (...) Es una ley natural a la que están supeditados los humanos. (...) La conducta humana se asemeja a la naturaleza porque forma parte de ella y se rige por las mismas leyes. (...) Las similitudes entre la organización de la vida y la organización de los electrones no son producto de la casualidad ni de la ilusión de la física”.

## **16- La edad de la emergencia**

Siempre hay que mirar al universo como un solo ser vivo, compuesto de una sustancia y con un alma, y observar que todas las cosas dependen de una sola percepción, que es la del ser vivo, y que todas las cosas actúan en un único movimiento, y que todas las cosas con las causas que, en conjunto, dan origen a todo cuanto existe. Es necesario observar también cómo se teje constantemente el hilo sin perder de vista la trama de la red.

Marco Aurelio

Es posible afirmar que se ha pasado de la *Era del reduccionismo* a la *Era del Emergentismo*, es decir, una época en que la búsqueda de las causas últimas de los fenómenos se ha desplazado del comportamiento de las partes al comportamiento del conjunto. La transición ha sido gradual pero no hay duda que el paradigma de hoy es el organizativo.

Eso se muestra, por ejemplo, en que ya no se producen películas acerca de la vida de Marie Curie o Ernest Rutherford, pero sí se producen éxitos como Twister o Jurassic

---

<sup>23</sup> Ver el título del libro de Martín Seel *Sich Bestimmen Lassen* que significa “dejarse determinar”.

Park. En estas películas, ya no importan las causas que operan a nivel microscópica, sino los fenómenos de organización caprichosos y arbitrarios.

La precisión que se ha logrado en mediciones indica que la búsqueda de una sola verdad ha llegado a su fin, a la vez que ha fracasado.

“La naturaleza se nos revela ahora como una enorme torre de verdades, cada una de las cuales se deriva de una anterior y la trasciende a medida que va aumentando la escala de mediciones”.

Aquí se pone fin al mito del poder absoluto de la matemática, a pesar de que éste sigue muy arraigado en nuestra cultura. Las reglas a partir del reduccionismo pueden ser correctas pero logran hacer predicciones a partir de ellas.

La ley se sigue del comportamiento colectivo, y los fenómenos que surgen de allí, como la lógica y la matemática también.

La ciencia, sin embargo, adquiere una dimensión política, se torna indistinguible de la religión oficial. Hoy en día, las antiteorías con una amenaza más peligrosa que en el pasado ya que su formulación es mucho más económica y su destrucción mucho más cara.

Parece haber en el mundo una gran cantidad de personas reflexivas de los ámbitos más diversos, a quienes la ciencia les apasiona pues saben intuitivamente que aún falta mucho, pero mucho, por descubrir y aprender. Estamos aprendiendo a aceptar el sentido común y que la organización de la naturaleza es importante en sí misma (a veces lo más importante).

**“Nuestra época no verá el fin de los grandes descubrimientos, sino el fin del reduccionismo”.**