

## CAUSALIDAD, CONSERVACIÓN Y CONTINUIDAD

La matemática, como la poesía, es muy tolerante con cualquier idea que en ella pueda ser expresada, que no por bella o por simple tiene que ser más cierta; y bien llevada puede demostrar una tesis y su antítesis. Al reducir, los procesos más fundamentales son más sencillos, sí, pero la complejidad proviene del desprecio de la interrelación entre reducidos. Todo conjunto aleatorio y finito de números puede ser ordenado para ser reglamentado en una serie con una fórmula que lo represente (J. Balmer proponía la apuesta como mejor método de proyección científica que la deducción). Es útil factorizar cualquier tipo de función a polinomios de relación lineal entre sus términos agrupados por potencias, pero conviene recordar que la validez de la aproximación está restringida a intervalos sobre un valor, a menudo tan particular como un punto crítico.

La física se organiza sobre un mundo ideal de superconducción, gases perfectos, fluidos incompresibles, viscosidad nula, movimientos sin rozamiento, choques inelásticos, variables independientes,... que funcionó y funciona como buena aproximación, hasta que analizando la transformación de calor en trabajo sin pérdida y el momento angular de los cuantones sin emisión, hubo que buscar otras matemáticas. Siguiendo con el vicio de obviar las variables complicadas, lo hicimos con otra idealización, de reductibilidad incompatible con la anterior y ello ha conducido al desencuentro. Partiendo de mundos abstractos distintos, no solo no sabemos como casar paradigmas ideales de la relatividad general -continua- y los campos cuánticos -a saltos-, determinado e indeterminado, pero en equilibrio, sino que además crecen los enanos con los sistemas disipativos con matemática cualitativa de sistemas dinámicos y topología. Al subdividir hasta lo infinitesimal, surgen patrones discretos y límites indivisibles. De despreciar el rozamiento y la aleatoriedad, surgen leyes que lo declaman.

Energía y Entropía son, como la Vida y el Tiempo, conceptos aparentemente contundentes y claros, sabemos lo que son pero no nos ponemos de acuerdo en definirlos, pues depende de la perspectiva y esconden matices, hasta evidenciar nuestra ignorancia. Desde el punto de vista relativista, termodinámico, estadístico, químico, cuántico,... están emparentados pero no son iguales: desde escalares a tensores energía-impulso canónicos y de distintas métricas (Hilbert,...). Cada paradigma -conjunto de preguntas-, lo ve a su manera. El desencuentro solo es una nueva versión de la Teoría de la Mente, por la que la escala del hombre es la medida de todas las cosas y le pregunta a la naturaleza en referencia a lo que entendemos según nuestro acceso a las variables, no en referencia a las variables de cada sistema según criterios que no compartimos: ¿qué sabe un gato del origen del ovillo de lana? ¿qué sabrá una partícula sobre lo que es un momento? Igual es que no entiende la pregunta. No sabría construir el ordenador con el que escribo, ni siquiera entiendo en profundidad como funciona, pero su utilidad para redactar, la descripción cuantitativa de su forma rectangular, su color, su posición en el espacio y en el tiempo, su escala,... no verifican cualquier opinión sobre su tecnología; aunque como argumento para demostrar lo mucho que lo conozco sea el predecir cómo debe de ser otro ordenador que otra persona al otro lado del mundo, tiene sobre la mesa.

Energía procede del vocablo griego que se refiere a “actividad”. Entropía es etimológicamente “vuelta” en sentido figurado de transformación: “evolución”. La actividad puede producir o no cambio, según si está sujeta a la interrelación con otras actividades o no, y su convergencia conceptual se encuentra en el desequilibrio y en la fricción: interacción asimétrica. Al modificar un estado de movimiento en un sistema, convertimos energía en trabajo y en fricción, que a su vez se transforma a nivel atómico en excitación cinética de campos cuánticos en los átomos, que es temperatura,  $T$ ; en ineficiencia,  $S$ ; y energía interna que se queda entretenida en la estructura del sistema,  $U$ , pendiente de tomar su turno en lo uno o lo otro.

Los campos cuánticos son idealmente inelásticos sin pérdida (la energía absorbida y liberada por un cambio es indistinguible, idéntica y simétrica o antisimétrica). ¿Son realmente reversibles e

independientes de la flecha del tiempo?: sólo si no son fundamentales, es decir, si son a su vez sistemas con agentes a otra escala aún menor. En cada fotograma habrá una distribución que variará con el tiempo. A su vez la energía entretenida, se distribuye entre la energía cinética que fluye a menor velocidad que  $T$ , debido a la estructura del sistema, la fricción y la que se transforma y consume en modificar esa estructura del sistema, que puede adquirir propiedades dependientes en una escala mayor. Entre un estado y otro el reparto de la energía según su velocidad de transformación es variable en el espacio, pero aunque no quepa, siempre quiere jugar a sumar cero. El movimiento de una partícula en un colectivo estará sujeta a situaciones discretas de decisión estocástica -encuentro con otra partícula con otra energía cinética, de tal modo que su interacción tenga varias soluciones idénticas, y haya que elegir alguna-, pero todo el sistema de partículas no tiene porqué estar sujeto al azar,... o sí. La escala lo cura y lo estropea todo.

En cualquier jerarquía, la energía y su derivada o flujo, son magnitudes conservadas y si se concentra el espacio, se alarga el tiempo, o viceversa. Un modo de verlo es relativista -se puede plantear como la conservación de la energía en el espacio-tiempo de cuatro dimensiones-; pero otro modo es que el movimiento no debe romper el fluido: velocidad  $\times$  superficie (Ley de Continuidad en formulación de Bernoulli). Entre escalas el movimiento no se pierde, sino que se pulveriza y desparrama cuánticamente por los átomos de modo inútil para ser útil a nuestra jerarquía, como sistemas que somos y con los que interactuamos; pero no lo hace en juego de suma-cero, pues al no ser la relación entre espacio o tiempo lineal, tampoco lo es su escasez. Si escasea el espacio, aumenta la disponibilidad de tiempo (menor superficie, mayor velocidad), lo que sería suficiente solución si una de las coordenadas no fuera “escasa”. Sin barrera, sin aportar energía y en caso adiabático, al ser todos los átomos campos de similar configuración interna -desde nuestra escala los idealizamos como idénticos-, media cierto tiempo para que la excitación se esparza de lo local a lo general y lo hace a distinta velocidad según el camino hacia la uniformidad y autismo que caracterizan al estado de mínima energía en todos los puntos. El flujo a un estado homogéneo, puede ser laminar o turbulento, radiativo o convectivo.

Al revés, de lo menor a lo mayor, la variación de la energía interna almacenada en la excitación, es reversible como función de estado -es conservativa a nivel subatómico-, pero irreversible una vez se invierte energía en generar una estructura estocástica no-óptima o “rugosidad” -es sobreyectiva, o una causa puede tener varios efectos con cierta probabilidad, como un lápiz sobre su punta al dejarlo caer-. Si sólo hay una realidad, el lápiz “decidirá” caer en uno y sólo uno de los ángulos posibles... pero no dudará en caer: el mundo de la probabilidad colapsa en información. Si se toma como función continua, -flujo- la energía se desparrama a distinto ritmo según su “rugosidad”: el movimiento que remolonea en el sistema tiene grados de elasticidad según la naturaleza de los flujos que se configuran. Como la mecánica cuántica perfectamente elástica no permite dicha pérdida -es reversible-, la simplificación útil es que la no idealización se desplaza al colectivo, y el rozamiento debe de estar en las relaciones cinéticas establecidas entre los átomos y no en ellos mismos: la historia de los choques en sus trayectorias, la estabilidad de los enlaces, las características electrostáticas de polaridad, las formas de las moléculas, su cristalización, las superficies que se ofertan, su relación con los volúmenes,... la irregularidad asimétrica convierte un proceso reversible en temporalmente anisótropo, por separar idealmente el análisis del espacio-tiempo en espacio “rugoso” y tiempo “liso”, cuando es al revés: el tiempo es el que introduce la asimetría el espacio. Si la energía fluye cual agua, en una colina cubierta de arena cual materia, puede haber isómeros de distinta probabilidad si y sólo si la energía se invierte localmente en modificar la materia. La rugosidad es localidad.

La realidad se presenta ocasionalmente como sencilla y analíticamente predecible. Para visualizarlo, imaginemos a Sísifo subiendo un cántaro lleno de agua a una colina idealmente lisa -metáfora de la mecánica cuántica- e impermeable: toda la energía escurrirá uniformemente hasta la base constructual -de mínima energía- (si no fuera impermeable la velocidad de escorrentía por la

superficie sería distinta a la velocidad de drenaje por el subsuelo). Si el cántaro es grande, caerá agua por igual en toda la superficie, pero si sólo salpica una gota, no podrá cubrir toda la loma, y decidirá un camino por el que caer: romperá la simetría! La trayectoria inercial coincidirá con el óptimo del flujo a mínima energía. Sin la irregularidad de disponer de varios caminos no hay rugosidad, y tanto energía como flujo se conservan. También puede haber sistemas complicados, no analíticos o no lineales, que sigan siendo simplificables, por ser reversibles (los llamamos caóticos).

Para incluir el concepto de flujo reversible, que drenara la energía a los ritmos distintos de la escorrentía y de la filtración del agua, podríamos ampliar la metáfora a complejidad periódica - reversible- y permitir una filtración sin retención: “efecto túnel”. A Sísifo le seguiría bastando con la Primera Ley de la Termodinámica, mientras el flujo por uno y otro fuera siempre el mismo, pero le complicaría mucho su trabajo si ambos caminos fueran aleatorios para una gota suelta: no supiera “a priori” cuanto escurre y cuanto drena. En cualquier caso un Universo “liso”, homogéneo, será invariante a la escala, pues el flujo no atendería a irregularidades locales. Si por el motivo que sea se introduce una modificación local, una encrucijada de caminos, se crea una situación rugosa local aleatoria que puede ser nivelada por el conjunto, o ser amplificadas por algún mecanismo, si y sólo si hay una asimetría: una solución de probabilidad privilegiada.

San Agustín estableció la perfección del Cielo y lo que contrariaba a Urbano VIII no era tanto la tesis copernicana, que también, sino sobre todo la arrogancia de Galileo, al ofrecer a sus acusadores que observaran por ellos mismos las imperfecciones del cosmos -orden-, a través de su telescopio: eclipses en las lunas de Júpiter, sombras en los cráteres de la Luna,... La historia se repitió con Darwin, no tanto por su tesis evolucionista, tolerable al retroceder hasta una “Creación”, si así la hubiera planteado sin miedo a Emma, sino por derrumbar con el cambio local, concentrado y aleatorio, una disciplina entonces de moda: la “teología natural”, que extendía la medida del bien y el mal según la horma del hombre, a la Naturaleza, con sus víctimas y pecadores, depredadores y parásitos (a pesar de todo, tal visión permanece en nuestra sociedad a través de la ñoñería Disney y del “propósito” en todas las cosas). Un Universo liso y pronosticable se transforma con la sobreobjetividad en un Universo con opciones aleatorias.

Un Universo rugoso y sin escasez, mientras sea simétrico, tendrá siempre una solución a la “ecuación diferencial” entre conservación de la energía y conservación del flujo de energía. Si se produce una “decisión”, se perderá entre otras muchas equiprobables. La escasez genera asimetría, o la asimetría, que es imperfección, escasez. En un Universo “no-liso”, por interacción, azar y localidad, el flujo en la transformación de energía depende del camino. Si aceptamos el azar, que en fino es el Principio de Causalidad, no habitamos un mundo perfecto en que la Naturaleza selecciona aquel futuro mejor, pues no conoce las consecuencias de sus decisiones. No selecciona opciones o moldea según un óptimo de utilidad, que no conoce, hasta no haber andado desde la causa al efecto. Las configuraciones, como los organismos, heredan forma y estilo, estructuras y funciones, vicios y chapuzas, que limitan y ofrecen oportunidades aleatorias, inmediatas y locales. El mecanismo de adaptación al futuro depende de la “serendipia”.

¿Nació el Universo con la asimetría o fue el capricho de un dios gamberro? En un sistema sometido a una pequeña perturbación no lineal, algunos toros serán deformados y otros destruidos. Las relaciones entre concentraciones locales, agrupan los torbellinos según su no resonancia: aquellos que tienen un cociente de frecuencias suficientemente irracional. “Grandes espirales generan pequeñas espirales, que se alimentan de su velocidad. Las pequeñas espirales generan espirales menores. Así, hasta la viscosidad” (L.F. Richardson). El espectro de las cascadas de Kolmogorov describe desde condiciones iniciales homogéneas e isotropas, la estructura generada en cascada energética de las turbulencias, por aporte de energía superior a la capacidad de drenaje de su flujo. De un sistema totalmente liso, por refuerzo de la relación en niveles irracionales entre elementos que compiten por ocupar el mismo espacio-tiempo-escala, el flujo de energía que entra define la

escala de las turbulencias primarias, expandiendo según su eje y comprimiendo en perpendicular, hasta otra escala de salida en una disipación “rugosa”, cuando la viscosidad los frena y destruye. La energía inyectada a una escala disipa en escalas menores y rompe alguna simetría. Sólo un Sísifo solitario y único, tendrá probabilidad nula de encontrarse con otro Sísifo que sostenga su castigo eternamente, pues al entrar otro condenado en el Infierno, o una inhomogeneidad, inevitablemente habrá una interacción y por tanto una dirección preferente en la rugosidad. Con diversidad local habrá algún tipo de repetición entre dos lugares o dos momentos, habrá periodicidad y por tanto habrá diferencia entre soluciones resonantes racionales e irracionales, creando niveles discretos.

Sin escasez de tiempo, los Sísifos evolucionan de equilibrio en equilibrio, pero un exceso de flujo puede obligar al paso por un microestado disipativo, fuera del equilibrio, sin tiempo para transitar de orden a orden, introduciendo irreversibilidad y descompensando el sistema: le llaman Fluctuación de la Nada, pues nada significa. Imaginemos en una jerarquía mayor, a Zarathustra de camino a su cueva desde donde divisa a muchos Sísifos, que han establecido relaciones de ayuda mutua, en una cordillera de colinas irregular y porosa -metáfora de la dinámica de sistemas-, cada una de distinta altura, forma,... todas lisas, pero que se organizan según atributos moleculares y sistémicos procedentes de la configuración de las colinas en cordillera. Nada nos lleva a mejor, a una causa final, hacia más de lo que sea. Con la desertificación producto del sobrepastoreo, los camellos sucedieron al carro en el Oriente Próximo, el futuro regresó al pasado. Nada obliga a avanzar, sino a cambiar.

Parte del agua escurrirá, parte mojará y/o se evaporará, parte filtrará pero también será retenida por el suelo y en cierta proporción transpirará, en su intercepción se formarán charcos, aumentará la humedad en la atmósfera y la probabilidad de lluvia, las filtraciones tendrán distintos caminos y no llegarán a la vez los manantiales que la escorrentía de los ríos, las plantas crecerán y morirán,... las variables se hacen dependientes y no siempre linealmente. Todo sistema almacena energía según las propiedades de los niveles de energía de los átomos, pero también de la polaridad y forma, de las relaciones electrostáticas y enlaces de las moléculas entre ellas,... hasta niveles macroscópicos, e incluso hasta abarcar el Universo. Cada átomo de la Tabla Periódica no posee atributos intermedios ni proporcionados de los átomos próximos: el boro no tiene propiedades parecidas o intermedias al carbono, ni el oxígeno al azufre. En los cambios de escala no hay progresividad.

Si es cerrado, la cantidad de agua del sistema ni se creará ni se destruirá, se transformará en agua a distintas velocidades y por distintas caminatas de flujo. El flujo se concentrará en ríos y se entretendrá en paseos aleatorios -con encrucijadas de la rugosidad en las que varias opciones son igualmente válidas- que cada uno a su ritmo, por caminos cada vez menos aleatorios -cauces-, acabarán en el mar homogéneo de mínima energía. En la consideración de la energía en el tiempo, la rugosidad o irregularidad en la combinación aleatoria de átomos con campos “lisos”, se introduce la diversidad en el devenir, ésta la demora del flujo por diversidad de caminos, que al reducirse el caudal y aumentar la superficie por hacerse mayor el tiempo en completar un ciclo, no le queda otra que concentrarse localmente, contra la natural tendencia del resto del Universo a ser cada vez más liso. Una estrella es como un charco que concentra localmente flujo de energía en un sistema que a escala global la va diluyendo,... y con el tiempo la energía de la estrella se sumará a la tendencia general... el charco se secará, o la geología moverá el suelo y el agua drenará.

Si el radio de interacción entre partículas y el tiempo que media entre interacciones son mucho menores que los del sistema, los equilibrios serán locales en el espacio; y los reequilibrios se estructurarán por capas de localidad y temporales. Análogamente los equilibrios en el tiempo o en la escala, obligarán a estructurarse discretamente al espacio. Los átomos no serían iguales, la energía de sus estados cuánticos no sería igual, las propiedades de cada elemento y cada isótopo divergerían, los enlaces no tendrían la misma energía, ni las moléculas serían simétricas, su reacción no serían igualmente probable según su ubicación espacial o según sus vecinas, y la irregularidad en

el almacenamiento, dosificación y desplazamiento de la energía. Si además el sistema no es aislado y/o tiene su propia dinámica de conjunto: se expande como el Universo, rota como un planeta, o cae como una piedra, presentará comportamientos inhomogéneos por fricción externa o interna. Es más difícil construir y reunir la Biblioteca de Alejandría que quemarla. ¿Descalifica ello la aproximación aquí expuesta?... paciencia.

Si todas las soluciones son equiprobables, todas las soluciones son óptimas y todas las soluciones son microestados de un único macroestado. Una asimetría en la probabilidad de una solución para la "ecuación diferencial de conservación", se periodificará generando una nueva situación de soluciones equiprobables, salvo que parte de la energía se desvíe a cambiar las probabilidades: cualquier ruptura de simetría, como cualquier cambio de fase, consume energía en cambiar, y como debe conservarse, la desvíe de la energía cinética. Al cambiar la escala de colina a cordillera, se construye un paisaje en el que hay diversidad: ondonadas, grietas, valles, de distinta rugosidad,... que es una configuración de aleatoriedad, en una organización cada vez más enrevesada (por analogía didáctica de teoría de cuerdas se habla de "paisaje"). Todo Sistema Complejo aislado tenderá a que toda la energía potencial se transforme en cinética y acabe en un tiempo, en la uniformidad. Si no es aislado, la energía que intercambia con el exterior también debe ser estable para el equilibrio: llueve y el río no se seca, pero si no llueve lo suficiente reduce el caudal o si llueve demasiado se incrementa. Sólo si no es simétrico habrá ineficiencia en la conversión de energía potencial en cinética y viceversa. Así en la escasez o el exceso, para romper la equiprobabilidad se necesita además romper una simetría.

La distancia a lo conservativo, a lo inercial, a lo simple, a un sistema de partículas tan poco denso que no se encuentran ni relacionan, o tan denso e interrelacionado que todo es igualitario, a lo regular y lo homogéneo; es la medida de la aleatoriedad, la ineficiencia y la irreversibilidad. Si se aísla, tenderá a la convergencia estadística de los caminos aleatorios -Teorema de Recurrencia-, y sólo circunstancias locales o temporales pueden modificar puntualmente un lugar dónde las relaciones sean asimétricas. Si un valle local retiene el agua, el cántaro subirá menos lleno y Sísifo hará un viaje no-óptimo, pero no lo sabrá antes de bajar, sino al subir. Su caminata cuesta arriba será ineficiente con el cántaro sin llenar, en cambio, si llueve tanto más que la capacidad de drenaje se ve excedida, el agua no va a esperar su turno para bajar por los canales estables y escurrirá por cualquier lado: la velocidad del flujo excede a la de proceso de la información, que ya no sabe repartir óptimamente el caudal, para que toda la energía potencial se transforme en cinética. Toda ruptura de simetría distingue entre solución óptima y mayoritaria, y si se adopta democráticamente una solución razonablemente buena para el limitado tiempo del que se dispone para decidir con información incompleta, la ineficiencia será la distancia entre ambas.

La temperatura como variable de estado en una jerarquía superior a la energía cinética de las partículas, es un valor estadístico que puede ser irracional, si dicha transformación tiene pérdidas por ineficiencia: entre  $n$  estados cuánticos los valores promedios pueden no corresponder a ningún nivel posible. La división entre energía y probabilidad tiene resto, salvo al coincidir ambos valores: en un Ciclo Armónico, o añadiéndole una dimensión para lograr un Ciclo Analítico. No representa demasiado problema para Sísifo mientras que por complicado que sea el proceso, sea desde periódico a caótico: ambos cambian al mismo ritmo y se van encontrando según "acordes" consonantes que se suceden con patrones limitante. Pero desde el punto de vista de Zarathustra el ritmo de varios Sísifos tocando afinados, rompe la armonía, si al ponerles objetivos, como en las empresas, no media entre ellos mecanismo de autoorganización. Parte de la energía potencial del agua se retiene en charcos o en humedad y al llegar abajo, la energía cinética ha disminuido, habiéndose quedado parte del potencial entretenido por el camino. Melodías solapadas producen ruido y sonidos armonizados, música. La belleza de la orquesta deslució el virtuosismo del oboe.

El diferencia de energía entre dos puntos será igual al flujo en cualquier instante si y solo si se

espera a la última gota para reiniciar el ciclo. Si llueve sin que toda el agua haya llegado al mar, se solaparán ciclos. Si los Sísifos son autistas, la música se vuelve cacofonía, y hasta pueden intercalarse incómodos silencios. Es la representación del caos determinista, pero si se coordinan por resonancia, pueden ofrecer una sinfonía compuesta, aunque para ello deben escucharse unos a otros, interrelacionarse, acumular un relato de experiencias cada vez más complicado... incrementar la información. Las Zardas de Montis no se pueden tocar a una velocidad infinita: llega el momento en que intérprete bien se atropella, bien se salta notas. En el caso en el que el flujo sea superior a la capacidad de drenaje, se producirán dinámicas turbulentas y sea por ruido o por melodía, la interacción que rompe la armonía, produce viscosidad, aleatoriedad y complejidad. Incluso la turbulencia tiene un límite para estacionarizar los ciclos, aunque sea alejados del equilibrio, y al haberse generado un tejido de información, puede proponerse aleatoriamente una configuración, una operativa nueva, que drene mejor dicho exceso a cambio de la inversión de parte de la energía en el cambio organizativo. Cambio que puede emerger a una escala superior dejando un resto, notas que no ha dado tiempo a pulsar, cenizas no utilizadas al poner el contador a cero en una nueva escala de las variables de estado. El mejor de los libros puede no utilizar todas las palabras del vocabulario.

La ineficiencia de la energía desviada a modificar la interacción con los demás agentes o con el entorno, se suma al precio en la ficha que por el lucimiento del atleta pierde, por jugar en equipo. Las cenizas son ineficiencias en los caminos que recorren los Sísifos y por ello rugosidad. La rugosidad propone decisiones estocásticas, y el azar introduce los valores irracionales entre valores racionales: al compararse su ratio no es periódico y ese resto, que aparece al considerar la aleatoriedad, se pierde pero no desaparece (con suficiente tiempo, más adelante acabará encontrando el camino). Si la Entropía es ineficiencia o no conservación del hamiltoniano, la hemos descompuesto en energía invertida en generar un nuevo macroestado modificando la interacción, o en otorgar mejor probabilidad al conjunto de nuevos microestados que han perdido esa energía en forma de “resto”. Para que la Entropía siga siendo un concepto único, ambas cantidades deben coincidir. ¿Por qué el “resto” irracional, las notas no tocadas,... debe coincidir con la energía cinética del agua perdida en erosionar un nuevo cauce de drenaje? ¿Todo lo desperdiciado es reinvertido productivamente en nuevas configuraciones? La energía no se está quieta esperando -va a la velocidad de la luz- y no se diferencia entre malgastada e invertida: de algún modo se distribuye la energía potencial que no se usa inmediatamente en movimiento, siempre que a la vez se conserve energía y flujo, en dinámica cuasiestática de equilibrio a equilibrio, en un mercado maduro, con tiempo para que las decisiones sean las óptimas, sin que su solapamiento solape y confunda la información de un ciclo con el siguiente.

Como el agua se reparte en escorrentía superficial, infiltración, evapotranspiración,... el calor se reparte entre trabajo mecánico, energía “elástica” que se derrama sobre todo el sistema en forma de temperatura, entalpía o energía de fricción en diversos ordenes de magnitud del ritmo de intercambio con el entorno, y entropía o desvío para la reinversión y para la juerga. Lo uno se transforma en lo otro y diferentes ritmos establecen diferentes voces, que sólo con el tiempo acoplan en acordes resonantes por selección natural de eficiencia energética a otra escala. Vuelve a llover antes de que toda el agua del ciclo anterior haya drenado y se haya evaporado para precipitar. Lo que es liso para el Sísifo a una escala, puede no serlo a otra escala; pero mientras sea una evolución de soluciones en equilibrio entre conservación de energía y de su derivada, incluso tras la ruptura de alguna simetría, el devenir seguirá siendo reversible y por ello pronosticable sin probabilidad de error. Cada instrumento extrapola las notas que los demás sonarán, pero como no hay partitura -Ley de Causalidad, o el efecto no produce causa-, no siempre acertarán. La realidad toca de oído, y un ciego con un bastón puede suponer que la cera es recta y andar hasta que encuentra una pared.

Las colectividades microcanónicas conservan energía, pero las colectividades canónicas, conservan

temperatura, y por tanto desprecian la energía cinética que se enreda en el sistema en ciclos más largos que los cambios... que al producirse incidencias locales, ya no son entre equilibrios. La energía se puede utilizar en modificar el sistema para mejorarlo o enviciarlo, o en energía cinética, como en un ciclo hidrológico el agua se puede congelar y agrietar la roca, se desvía agua de escorrentía superficial -ciclo de horas- a subterránea -ciclo de años-; respecto a la realimentación del sistema por evaporación -ciclo de días-. Por motivos prácticos, dada la complejidad de los procesos hidrológicos, se prescinde del camino seguido por cada gota de agua y se toma la lluvia y el caudal recogido aguas abajo, como valor colectivo en un intervalo de tiempo, suponiendo la suma de las probabilidades de los recorridos de la historia para cada gota, agrupadas en trayectorias de la misma longitud -función de partición-. Al parar de llover, los ríos o las fuentes siguen teniendo agua, el suelo humedad y sigue llegando agua al mar, donde se mezcla y hay autismo absoluto entre todos los elementos del sistema.

Los distintos caminos tienen distintos flujos, pero el resultado incremental entre lo que sale y lo que llega, suma un valor constante. Según su longitud, las habrá conformadas por más trayectorias -las más fáciles- y por menos -desde la más absurda a la más óptima o de menor recorrido-, que competirán en llegar antes al mar, por el conocido proceso de Selección Natural, siguiendo un patrón estadístico conocido o función de partición. Si la decisión tomada solución fuera siempre la más óptima, no sobraría energía a reinvertir o malgastar. Nunca nos equivocáramos. No habría errores en la realidad, ni dudas, y toda decisión se tomaría disponiendo de toda la información para tomarla. No disponemos de infinito tiempo para recabar la infinita información necesaria para tomar la decisión óptima, y tal vez la longitud media, mediana, modal, no serán la mejor solución. En la diferencia poco democrática entre lo mayoritario -constructual- y lo óptimo, entre el interés local y el general, entre lo racional y lo irracional, comenzamos a vislumbrar por dónde va a ir la multidefinición de Entropía. Las notas que no hubo tiempo para tocar, la partitura que modificó el músico de al lado para armonizar, se reinviertan en cambios bellos o se gasten en vicios y desafinaciones, -que también son cambios con un juicio antrópico de “a peor”-, son la distancia entre lo previsto bajo supuesto de equiprobabilidad y “buen comportamiento” dinámico siempre entre equilibrios, y la realidad. Distancia que coincide con la que media entre lo óptimo -debería ser- y lo constructual -es-: la ineficiencia de un sistema como precio a construir un colectivo interrelacionado en el que la energía y su flujo se conservan a la vez.

Aun sin aleatoriedad, la extrema complejidad del proceso respecto a la utilidad del resultado, recomienda por eficiencia idealizar una función de estado, aun siendo reversible por determinable y periódico, pues por difícil que sea, con suficiente capacidad de proceso, un ordenador podría recorrer el camino de las interacciones al revés -como quien rebobina una partida de billar-. En cambio, incluso en historias mucho menos enrevesadas, la ocurrencia de cualquier decisión al azar, en el que una asimetría local en la equiprobabilidad se olvide, las convierte en irreversibles, pues la trayectoria espaciotemporal inversa encuentra una encrucijada en la que, en su camino hacia atrás, también debería decidir, y por definición de azar, puede no coincidir. Si lo mayoritario coincide con lo óptimo, lo que es es lo que debería ser, y si hay azar en una decisión, el camino inverso puede no coincidir, pero con suficientes caminos inversos, acabaríamos sumando el mismo resultado. No por utilidad, sino por limitación intrínseca, la primera decisión aleatoria no-equiprobable también recomienda una función de estado, que olvida las condiciones previas al no saber por qué salió cara y no cruz, o por qué tiró por el camino de enfrente en vez de cualquiera otra alternativa equipotencial.

La utilidad de las técnicas de variable compleja es convertir un sistema en conservativo, añadiendo una dimensión imaginaria. Una ruptura de simetría añade una dimensión a la descripción de la realidad: un conjunto de valores que describen como es la tendenciosidad -la no equiprobabilidad, distancia entre media, mediana y moda, o momento cúbico-, tal vez lineal, tal vez rotacional, axial,... Si un nuevo eje representa una variable (criterios de Fisher, Pearson o Bowley), se pierde la

propiedad conservativa que presentan los sistemas simétricos, en los que la mayoría coincide con la media, y ambos con el camino óptimo. La simetría se puede romper bien por ligadura externa, para lo que el sistema no puede ser aislado, bien por localidad, para lo que el entorno debe ser localmente asimétrico y dado que el flujo conservado modifica la velocidad con la superficie, obligar a cambios locales en las soluciones de la ecuación de conservación de energía y su derivada. Una piedra que se dispusiera en un canal limpio y liso de agua, generará movimientos turbulentos a su alrededor entre un flujo laminar en el resto del caudal.

La física de un péndulo múltiple o de un complicado sistema de funciones no-lineales, no incorpora ninguna decisión tendenciosa del azar si son continuamente diferenciables, pero la de un puñetazo por sorpresa, tal vez sí: el camino de ida puede no ser el de vuelta. Por el Principio de Causalidad, al volver hacia atrás una decisión aleatoria no puede ser recorrida al revés, pues no tener recuerdo de un efecto es no tener causa, y la ausencia de causalidad es casualidad: azar con distribución asimétrica de la probabilidad. Suficientes decisiones aleatorias serán reversibles si son incluso no-equiprobables pero conocidas antes de ocurrir, lo que implica que el devenir sea pronosticable, ergo, esté determinado por lo sucedido en el instante previo, sean cuales sean las condiciones iniciales, sean cuales sean las interacciones con los demás agentes y con el entorno local. Técnicamente, que la trayectoria que describe el conjunto de decisiones en el espacio de fases sea infinitamente diferenciable y lineal, o al menos periódica y por todo ello conservativa.

Los egipcios calcularon  $\pi$  aproximando la circunferencia por un polígono inscrito: cuantos más lados, más decimales (Ptolomeo lo hizo con 720 lados). Una curva cualquiera a mano alzada se puede dividir en funciones ideales y en cuantas más se trocea, mejor se aproximan a la realidad, si convergen en un valor fractal, pero más desvirtúan la realidad si al trocear, algunos divergen. Más trozos significa más puntos de dislocación en los que la inercia de proyectar en el futuro el comportamiento del pasado, puede fallar. Para que el Principio de Causalidad y la conservación de energía y su flujo, puedan coexistir, el futuro no puede formar parte de la decisión para elegir la trayectoria de mínimo esfuerzo, sino su estimación bajo el supuesto natural de la inercia: extrapolación “bien comportada” (extensión analítica del comportamiento inmediatamente pasado a inmediatamente futuro según una función continua, derivable hasta lo necesario, cóncava, sin singularidades,...). Cuanto mejor aproximamos esa curva a mano alzada, más error se acumula al suponer que se comportara bien, cuando o donde en la realidad hay una piedra en el cauce, una irregularidad local, un “capricho”, un “quiebro” o una “dislocación” tendenciosa o no-equiprobable.

La diferencia entre la realidad y una simulación es objetiva, pero la selección de esa simulación es subjetiva y depende del detalle requerido, del número de tramos en los que se “trocea” la función. Las trayectorias más transitadas, -modales o que acumulan mayor número de microestados-, estarán en un óptimo entre el valor de un mejor grado de aproximación y el coste en errores de pronóstico por el detalle, permaneciendo alejados lo ideal y lo real por el resto de la imperfección, de la distancia entre óptimo y mayoritario, para lo local y para lo general. La mayoría tenderá a extrapolar linealmente lo sucedido en el inmediato pasado, como lo más probable a suceder en el inmediato futuro. Si todas las trayectorias de cada gota son posibles -el camino de equilibrar por los distintos modos de almacenamiento de energía, dos microestados que tienen una determinada diferencia de potencial-, no son igualmente probables -el camino más transitado será el más predecible y conservador, que es el que suma más caminos aleatorios que conducen a un mismo resultado-, y no será el de menor coste energético, ni el más desordenado, sino el que por Selección Natural encuentre el óptimo entre detalle y oportunidad, entre información y decisión.

En un Universo reversible, no hay preguntas que el mero azar responda, pues sin piedras en el cauce las contradicciones se anulan con suficientes respuestas, y el camino más transitado sería el óptimo geodésico de una geometría en la que la respuesta es la del mínimo esfuerzo, lo que sucede si y solo si la realidad es “bien comportada”: inercial, o que lo último sucedido, ofrece suficiente



información como para prever con seguridad lo siguiente por suceder. La flecha del tiempo limita el viaje en el tiempo a una sucesión aleatoria reversible y predecible, ya que solo puede conocerse el camino óptimo si es previsible, lo cual implica que sea limitadamente complicado en detalle para las condiciones iniciales y periódico: caótico, quizás con patrones de organización, tal vez estocástico mientras se mantenga la equiprobabilidad, pero no localmente asimétrico.

Constructual es la solución de flujo suficientemente buena que adopta el sistema para evolucionar de un punto a otro del espacio de fases, con la limitación de información y tiempo: no es el óptimo, pues para tomar el mejor de los caminos habría que esperar infinito tiempo a recopilar toda el detalle -información- que definiera la trayectoria óptima,... y la realidad establece un compromiso entre lo fácil, lo extrapolable, lo óptimo, lo necesario,... pues no espera. Al preguntar a una partícula por su decisión según el principio de mínima acción, sólo tomará la caminata óptima, si puede calcular la diferencia de potencial entre las distintas opciones, lo que implica que debe poder saber con seguridad, y no solo suponer con cierta probabilidad, dónde va a acabar: determinismo. Un problema liso es perfectamente estocástico: varianza infinita; y un problema rugoso presenta diversidad local en las probabilidades de cada decisión. La reversibilidad exige completa memoria del camino por el que volver, -infinito detalle-, pero para ir de un estado a otro pasando por una decisión intermedia sujeta al azar, la reversibilidad exige que el azar sea simétrico, y que el resultado de tirar una moneda trucada al aire a la ida se guarde y entrelace el resultado de la misma operación a la vuelta. Todas las trayectorias contendrán el nivel de casualidad de una distribución, según las decisiones tomadas por extrapolación en el supuesto de “función continua y n-veces derivable” y si hay error en el pronóstico, olvidada. “Hacer predicciones es muy difícil, especialmente si son sobre el futuro”, (N. Böhr).

Las decisiones más meditadas y con mejor información, con más variables, obtienen caminos más optimizados... y los directivos tecnócratas esperan a tener toda la información posible para tomar la mejor decisión, aunque ello implique perder la ventana de oportunidad (las empresas buscan perfiles directivos que combinen experiencia con conocimiento, pero también intuición). La Selección Natural no tiene paciencia y no elige al empresario que más acierta, sino el que más acierta con menos información, al más seguro, sino al más intuitivo: el óptimo no será el camino de mínima energía, sino el camino mayoritario, aquel que supone la realidad “bien comportada”. La mayoría es siempre conservadora, constructual -óptimo rendimiento al mínimo esfuerzo con detalle, espacio y tiempo limitados para tomar una decisión-, y encuentra un óptimo entre la información disponible y la decisión correcta, entre probabilidad y acción. Si con dos variables podemos calcular la trayectoria de una bala de cañón, con tres cuerpos la extrapolación de la posición de Saturno se complica desproporcionadamente,... no digamos con más y más sutiles condicionantes.

El equilibrio es una distribución gaussiana de los microestados, cuya media -primer momento- no es el más óptimo, y su varianza -segundo momento- es simétrica: es la equiparación entre el flujo que entra y el flujo que sale -tercer momento, nulo-. Si el cambio en el flujo del entorno al sistema y viceversa no es nulo, la distribución estadística no es gaussiana y la flecha del tiempo aparece como curtosis. Los microestados ensayan soluciones próximas en el “relieve de las fases”, que solo sobreviven si son más eficientes que la diferencia de energía que los separa. Al llegar al equilibrio los ensayos siguen, pero el cambio no: diferentes trayectorias de una misma longitud podrían competir, pero como ninguna aporta un mejor camino, ni se molestan sin escasez de opciones de realidad. Supongamos que no fuera así: un camino que tiene mejor memoria que otro por tener menos preguntas del entorno y requiere de menos decisiones aleatorias para obtener desde la misma energía potencial, la misma suma de energías cinéticas en menor sucesión de decisiones, sería con el tiempo más probable por Selección Natural. Con información completa, tomar la óptima decisión no tiene mérito, pero Poincaré nos demostró que era imposible disponer de esa seguridad (tal vez se dio cuenta estar reformulando el concepto de Entropía).

Si el camino de la realidad no es determinado o periódico, incluso caótico, solo se puede conocer el camino de mínimo recorrido si ya se ha llegado y se puede mandar un mensaje al pasado, rompiendo el Principio de Causalidad, para rectificar si el azar no decidió de modo óptimo. El máximo sería el detalle perfecto, cuya existencia solo se debe a que los flujos tienen su velocidad que no drena según la capacidad del entorno de transmisión y proceso de la información, que es menor cuanto más complejidad, y si hay que decidir y no se tiene toda la información,... Con esta metodología se describen procesos de deriva genética "lamarckiana", o métodos de interrogación de sospechosos, que como los argumentos de los personajes de una novela van disponiendo de menor margen de maniobra en sus reacciones conforme avanza la historia, hasta descubrirse al asesino.

La caminata más probable es a la que convergen las caminatas según se incrementan las encrucijadas tendenciosas, pero la aleatoriedad no afecta linealmente a un sistema si hay escasez de realidades o exceso de flujo energético. La más mínima irregularidad puede anularse con otras irregularidades o amplificarse si hay tendenciosidad. En una tormenta sobre una loma lisa el agua baja primero por cualquier lado, para después concentrarse por cauces construidos por tormentas anteriores que aleatoriamente derivaron por caminatas óptimas. En la abundancia de realidades que permitan todas las opciones posibles, el olvido es completamente aleatorio -gas ideal-. En la escasez de realidad, y cuanto más estresante es el entorno -saturación-, más memoria se requiere para con mayor detalle, disponer de una mejor estrategia: menos entropía y más concentración del flujo y configuración interna (aleatoriedad vs complejidad). La aleatoriedad es una sucesión convergente: mezclar más de 7 veces una baraja no aporta mayor desorden (Bayer-Diaconis) o el Juego de Kruskal-Wallis para adivinar palabras. El nivel de ineficiencia en una caminata, que por el detalle converge con el nivel de olvido, se estabiliza a partir de cierto número de decisiones, a partir del que más aleatoriedad no la hace más ineficiente.

Refiriéndose a los mercados y a los asesores técnicos de inversión, B.G. Malkiel fundamenta los palmarios errores financieros y los equipara con astrólogos, pues la historia de los precios se olvida por el proceso matemático de "random walk". Según sean el número de opciones entre las que decidir, sus probabilidades y la estrategia de decisión, la evolución de cada elemento de un sistema sufrirá un proceso de Wiener o browniano. El mal jugador de ajedrez apenas recuerda o predice una jugada, el maestro tiene en cuenta unas pocas, y Big Blue unas cuantas más, aunque siempre limitadas. El pastoreo de un buey tiene una estrategia "martingala" sutilmente distinta en la abundancia de hierba, a la búsqueda de un tigre hambriento, según la memoria de la trayectoria que se guarda: si no hay comida tras varios desplazamientos cortos, se decide un desplazamiento largo para olvidar y comenzar de nuevo.

Los procesos de Markov son invariantes a la jerarquía de escalas y la ley entrópica de la ineficiencia de querer optimizar conservación de energía y de su flujo, de interés en el óptimo para cada agente y para el colectivo, la pérdida de información, la ruptura de simetría, es válida a todos los niveles. El camino más transitado por los borrachos que salen de un bar a buscar su coche, no será el que hubiera elegido un ingeniero a vista de pájaro -en una dimensión más-, más rápido y óptimo salvo que el aparcamiento sea uniforme, sin obstáculos, sino según una distribución más o menos aleatoria, en la que el camino que mejor memoria tiene, que es el más organizado, es un microestado poco probable. La caminata resulta más larga cuanto más aleatoriedad exija el flujo, difuso por haber tomado más decisiones, tanto más cuantas más opciones haya en más bifurcaciones. Cuanto más rápido el flujo y más largo el trayecto, más "errores" en las decisiones respecto a la que de haber tomado hubiera optimizado el flujo de energía; pero también más lenta es la dosificación de la energía o mayor el tiempo en que parte de la energía cinética que debía ser temperatura se guarda en el sistema, para ser liberado más lentamente.

Imaginemos un habitante de Flatland, residente en un mundo de dos dimensiones espaciales, al que se le ofrecen varias puertas entre las que decidir su trayectoria. Están cerradas y no puede ver tras

ellas, la de menor acción y mayor eficiencia la conocemos nosotros como deidades enantiómeras, observadores quirales que vemos su mundo desde “arriba”. Cada elección congela a nuestro ratón ante otra decisión entre puertas cerradas que para él son iguales, pero que tienen distintos costes y beneficios, tendenciosidad que se conoce sólo después de abrir la puerta. Desde nuestra dimensionalidad disponemos de la información para conocer el camino óptimo, pero el sistema en una dimensión menos pierde la referencia al elegir entrar por una puerta, pues al pasar, se congela, se cierra y echando la vista atrás, la puerta por la que entró es idéntica a las demás. La probabilidad de que su trayectoria sea la de menor coste con mayor beneficio, se reduce con cada elección pues la función que describe la realidad presenta dislocaciones y discontinuidades.

Las longitudes de las rutas de elección posibles, conforman una distribución estadística -función de partición- cuya media más probable no es la más óptima. Si equiparamos la longitud de cada trayectoria con la energía de cada microestado posible, convergemos en la definición de Entropía como coste o fricción de adaptabilidad al entorno. En nuestra vida tomamos muchas decisiones y no conseguimos acertar en todas. Todo cambio aplicado a un conjunto de agentes, beneficiará a unos y perjudicará a otros, puede existir un microestado en el que perjudique a un mínimo y beneficie a un máximo, e incluso darse el caso de que beneficie a todos a la vez que beneficie al conjunto. La Ley de la Entropía nos advierte que ello es el mejor de los casos posibles (expresado matemáticamente en una inecuación con  $=$  si todos ganan o  $<$  si la mayoría ganan). Al definirse por una desigualdad, se determina que la entropía es convexidad en la curva que determina la probabilidad de las trayectorias. Si hay cambio en el flujo de energía o información y del cambio alguien sale o saldrá perjudicado, hay entropía. Es un concepto ergódico: sucede en el número de agentes o según pasa el tiempo. Nada es perfecto, todos nos equivocamos y los errores se acumulan,... nada nuevo, salvo el relato de su porqué. Si Libertad y Azar son sinónimos, Destino y Entropía son antónimos.

Somos dioses para los habitantes bidimensionales de un mundo plano, sometidos a un devenir en el que se les presentan varias puertas a elegir, sin saber que se puede saltar sobre el muro. Ellos no ven lo que hay detrás de cada una, pero un dios como nosotros en el espacio-tiempo de una dimensión más, sí vemos lo que hay detrás. Nosotros podemos optimizar su camino, ellos no y en cada decisión se descartan el resto de los caminos: en terminología de Gell-Man, “accidentes congelados”. En cada puerta pueden congelar un error, si por error entendemos una decisión no perfecta en la óptima gestión del flujo. Para nosotros un dios menor debería residir en más dimensiones y lo que es libertad en nuestra dimensionalidad, sería destino en la suya; porqué un Dios Mayor, debería ser capaz además de infinita memoria para infinito detalle: disponer de infinito papel para imprimir toda posición y momento, desde la escala de Planck hasta el mismo Multiverso y más allá. ¿Sería el Padre de todos los dioses capaz de computar posición y momento de todas las historias de todas las partículas, con todas las decisiones y todas sus relaciones a todas las escalas?

La irreversibilidad relativa de la decisión al azar -Teorema de Recurrencia: puede que la trayectoria no sea reversible, pero sí volverse al mismo punto por otro camino más largo-, se traduce en irreversibilidad absoluta: la energía secuestrada es sacrificada al no percibir el rescate. La energía no se pierde, sino que queda fosilizada en forma potencial estocástico en la propia desconfiguración del sistema por olvido de las condiciones iniciales y/o por haber “puesto a cero” la independencia de las variables en un nuevo sistema emergente, en una nueva jerarquía de la escala. Un lago se seca, pero la energía invertida en la formación geomorfológica del lago permanece en el sistema, y llegados a éste punto podemos dar por descrito que la reinversión y gasto equivalen al olvido.

Planck fue el padre de la mecánica cuántica, pero Boltzmann, luchando contra tantas y tan bien formuladas críticas, fue su abuelo (ya puestos, J. Dalton su bisabuelo con la “ley de las proporciones múltiples”, y Demócrito y Leucipo de Abdera ancestros de su Santa Companya): el cambio de paradigma se produjo al renunciar a la continuidad por un número finito de partículas, concepto que después se utilizaría con desgana para explicar la joroba del cuerpo negro y comenzó

otra época. Una función continua e infinitamente diferenciable es reversible. En línea determinista, consenso científico de la época, ante la crítica analítica de E. Zermelo -la energía está expresada en términos infinitesimales, por lo que su conversión debe ser reversible-, para demostrar que la Segunda Ley de la Termodinámica es estadística, Maxwell situó a un portero en el agujero entre dos recipientes de gas con mandato: si viene de la derecha y rápido pasa, pero si viene lento no pasa; si viene de la izquierda rápido no pasa, pero si viene lento, sí. Por Recurrencia un sistema tiene probabilidad no nula de regresar por el mismo camino, pero se necesitarían decenas o millares de Universos para poder observar tal circunstancia en alguno. Ergo, si la realidad es irreversible, la simulación que la represente no puede ser continua y por ello no puede determinarse en un nivel de detalle perfecto.

Al ser equivalentes, podremos medir el potencial desviado en el proceso de conversión de energía potencial en cinética, con el nivel de olvido, desinformación o inversa a la capacidad de memoria, a través de la suma de improbabilidades respecto al azar, de las formas posibles de distribuir la energía entre dos puntos de distinto potencial  $W$ ... que es lo que expresa la fórmula clásica de Boltzmann  $S = -k_B \lg W$ , e incorpora el logaritmo por aprovechar la propiedad matemática de que su suma es igual a la multiplicación, para que sea idéntica a la de Clausius  $S = dQ/T$ . Son modos alternativos de medir la distancia entre la caminata mayoritaria y la óptima, pero también mide la cantidad de decisiones aleatorias mínima e introduce una alternativa mas al análisis de la conservación de la energía y su flujo en un sistema. Un cubo de Rubick se puede resolver en un mínimo de 20 giros si la ladera es “lisa” -ideal y reversible-, pero también en cualquier otro número natural, y no por ello todas las soluciones son iguales a efectos de eficiencia energética: habrá un número de movimientos superior a 20 más fácil, que será el que con un número suficiente de intentos -sin aprendizaje-, con mayor frecuencia resolvería el cubo.

En el 29 L. Szilard y C. Shannon publicaron su interpretación del papel que tenía el portero si en vez de moléculas de gas, gestionara información, y con el propósito de calcular la cantidad binaria que podría circular, Shannon llegó a calcular la información que se pierde  $I_N = -k_B \sum p_i \lg(p_i)$ , en la que  $p_i$  representa la probabilidad de un suceso aleatorio. J. von Newman era de origen húngaro, como Szilard, y en una visita a Shannon le comentaron el concepto de “pérdida de información”, y les sugirió que lo llamaran “entropía de la información”: “Un desarrollo muy similar existe en mecánica estadística y además, nadie entiende la entropía demasiado bien, por lo que ante una polémica, tendréis ventaja”. Mide la sorpresa, o probabilidad de que un microestado al explorar un microestado no consecutivo, esté tan alejado que no pueda conocer el camino entre ambos (o saber lo que hay tras una puerta). Se ha demorado más de 50 años comprobar experimentalmente el Principio de R. W. Landauer, por el que hay un mínimo de información perdida en cualquier proceso de información, que se deduce de la pérdida de calor/temperatura, ( $1^\circ K = 0,95697 \cdot 10^{-23}$  julios/bit, que si lo referimos al número de Avogadro, 0,17352 bits/molécula). Un observador es finito en su capacidad de detalle y disponibilidad de tiempo, y no hay infinitos detalle ni tiempo para que, descomponiendo en preguntas binarias la realidad, determine un simulacro idéntico.

Si incorporamos la pérdida del detalle, la energía invertida en modificar el entorno o en ensayar novedades, el coste de olvidar o borrar las decisiones, en la ineficiencia entre ir por un camino de decisiones mayoritario en vez de óptimo, podemos conseguir que el juego de conservar la energía y su variación temporal, sume-cero: al fluir temperatura, agua, información, energía cinética,... de un estado en el que hay una distribución geográfica a otro homogéneo en el espacio, se establece una situación en la que ningún cambio puede ofertar mejora energética. Lluvia y caudal del río persisten dinámicos y constantes, en un ciclo estable, pero no estático, de días y estaciones que se suceden con regularidad. En el exceso macrocanónico de la suma-no-cero, la turbulencia desestabiliza el sistema con sequías e inundaciones, que producen tormentas de arena, avalanchas, avenidas y erosión del suelo, reduciendo la productividad. Para retener el agua, las raíces de las plantas se deben adaptar a lo que ellas interpretan es un cambio climático de un ecosistema más desorganizado

y escaso. La biodiversidad se dispara con los excesos y con la degradación el paisaje se vuelve monótono. La solidaridad se complementa por contradicción con la igualdad. El máximo olvido en el máximo de relación de todos con todos, se produce en el comunismo y autismo perfectos: nadie quiere saber nada de nadie, cada uno va a la suya y aunque unos van más rápido que otros, en el siguiente instante los otros van más rápidos que los unos y todos acaban siendo iguales, si no en el espacio, en el tiempo -y si no en el tiempo, en el espacio-. Un gas eleva su entropía con mayor temperatura y menor densidad, pero también con mayor presión.

Toda nueva propuesta de burocracia en el flujo de la energía exige una inversión de energía propia que se desvía de los excesos, o ajena que se importe del exterior. No hay novedad gratuita. “No podemos solucionar problemas usando la misma forma de pensar que hemos utilizado para crearlos” (A. Einstein). La reforma de lo viejo para que nada cambie o algo nuevo debe suceder para que todo cambie. H. von Helmholtz lo vio desde su perspectiva: en una reacción química que produce un gas que no tiene realidad, debe invertirse parte de la energía en hacerse un hueco y ocupar un volumen a una presión que le permita existir en equilibrio con el entorno (el mismo proceso en la crianza de un vino espumoso). Gibbs obligó además a la cantidad de energía que se intercambia con el entorno como rozamiento o entalpía,  $H$ , a dar un paso más: el desvío de la energía a la inversión en hacerse un hueco, no tiene por qué coincidir con lo que cuesta sustituir los huecos. No es lo mismo el agua que queda entretenida en el sistema de modo cuasi permanente, a la invertida en cambiar el sistema por creación de suelo o por erosión.

Al establecerse como Segunda Ley de la Termodinámica, en perspectiva negativa, de pérdida, de no-optimización, de decrepitud y excepcionalidad, se ignoró el efecto multiplicador de una inversión de un cambio aleatorio en novedad que mejore la eficiencia construyendo un cauce... y hasta los años 60 y 70, se tomó por absoluta la tendencia al equilibrio que sucede inevitablemente en la evolución dentro de cada fase,... hasta la formulación de la Termodinámica Disipativa,... el no-equilibrio, el cambio brusco, y con ello la autoorganización, la autosimilaridad, la resonancia, la emergencia. Cada cambio de jerarquía o fase consume o cede energía discretamente: el cambio de fase entre sólido y líquido o entre líquido y gas, invierte energía e información en excavar cauces aleatorios que se seleccionarán y se retroalimentarán por eficiencia, y olvida sin incrementar la temperatura. El cambio de complejidad en la organización en un sistema, invierte o gasta energía: como la energía en un diagrama de Feynman, en el cambio los balances no cuadran.

J. Barrow y F. Tipler describen la capacidad de proceso como linealmente dependiente de la temperatura del sistema, y según se concentra localmente energía, aumentará la entropía y la disipación. Una medición es el colapso de la incertidumbre en información: cuantifica y apunta, copia sin necesidad inmediata de borrar (por analogía, adiabáticamente). El borrado de un disco duro puede ser necesario cuando acabamos con la disponibilidad de espacio y necesitamos ese recurso para seguir escribiendo. La realidad es finita y si pierde detalle, se pierde información y (la entropía no puede ser un valor absoluto por depender de la “memoria” y de la “pixelación” del observador. Es más, una cadena de bits es aleatoria si es incompresible: si no contiene patrones que permitan su descripción con menos preguntas (teorema que Asimov propuso por boca de H. Seldon); pero puede haber patrones ocultos en el caos, y pueden haber patrones evidentes en la aleatoriedad -casualidades-. La realidad no es cuasiestática y la dinámica circula a veces por trayectorias no-conservativas entre no-equilibrios. El incremento del desorden no define siempre la abundancia de macroestados y puede incrementarse la entropía con organización...

Síntomas de que la misma Ley de la Entropía se enunció en falso, y hay leyes más fundamentales que buscar. En el desarrollo del razonamiento en positivo, hemos encontrado hasta aquí irreversibilidad, irregularidad, detalle, pérdida de carga, errores, decadencia, inversión, ineficiencia, asimetría, tendenciosidad y aleatoriedad,... igualitarismo y autismo, pero de momento, ni desorden, ni exponencialidad en el beneficio,... virialidad. El concepto de entropía se disemina entre

dinámicas espaciales -posición-, temporales -cambio-, y escala -disipación-; se difumina al depender del detalle y memoria, y por ende, del observador; se difumina al añadir la ignorancia del microestado con la ignorancia del macroestado; se difumina al añadir ineficiencias por diversos motivos; etc, etc,... Concepto que se difumina en definiciones convergentes, que claman por una “Ley más fundamental”.

¡Decisiones al azar irreversibles por tendenciosas que colectivamente recuperan a otra escala estadísticamente su reversibilidad! En el cambio de escala se pierde detalle, en el cambio de tiempo se pierde información y en el cambio de posición se pierde energía por rozamiento. La entropía es la medida del calor invertido en olvidar los cambios. Es lo que tienen las funciones de estado que saben de lo que entra y de lo que sale, a coste de pasar de lo que sucede: renuncian a detallar las fases intermedias como la filtración, retención, evapotranspiración,... pues son dependientes, de compleja relación y definición, irreversibles y alejadas del equilibrio. Si se reducen y simplifican a subsistemas describibles analíticamente, se pierde margen de aplicabilidad a intervalos locales de espacio, tiempo o escala.

Los costes, los ingresos,... los beneficios son bastante lineales y previsibles en intervalos lisos y dinámicas cuasiestáticas de la realidad: mercados maduros. Cuando el balance no cuadra y los procesos disipan, son irreversibles, la información depende del detalle y las decisiones de la intuición y la tendenciosidad, se abren las opciones al riesgo y la exponencialidad no lineal. El aumento de energía tiene efecto multiplicador en la “demanda agregada” = inversión + ahorro + consumo, -o incremento de calor = exergía + entropía + temperatura-, pues cualquier incremento en el ingreso de algunos que aumente gastos, llevara al incremento del ingreso de otros, los que, a su vez, estarán en condiciones de aumentar sus consumos. Una cartera de valores arriesgada puede ser la que mayor beneficio arroje y la que puede por ello a la vez con mayor probabilidad quebrar.

Para describir situaciones de beneficios explosivos, hay diversas versiones de aceleradores que en base a tasas marginales de ahorro, consumo, importación, impuestos, oferta de moneda,... establecen modelos de retroalimentación positiva que alejan al sistema del equilibrio, y pretenden el crecimiento del empleo, del bienestar, de la riqueza de las familias,... La energía cinética que no se transforma en trabajo ni temperatura, se ahorra a mayor plazo o se pierde en malas decisiones. Cuanto peor memoria tenga el sistema, menos se restituye a los herederos, (¿cuánto oro sin titular conocido queda en Suiza?), que es cuanto menos dependientes son sus agentes entre sí, lo que los hace comportarse de un modo no coordinado; pero sin decisiones las dependencias generan igualdad a través del incremento exponencial de la varianza. Sin ahorro no hay inversión ni multiplicación del circulante, pero demasiado ahorro reprime el consumo que reduce la demanda,...

Los excesos que genera turbulencia en entornos saturados aceleran el desequilibrio y su resonancia, o acelerador del beneficio y convergencia- será según los órdenes de infinitud de Cantor: Sumatoria; Multiplicativa; Logarítmica; Potencial; Exponencial; Factorial; Potencial-exponencial. Son las “start ups”, la innovación, las casualidades felices,... las que contra todo pronóstico, crean imperios. Ningún crítico alabó a Van Gogh, ni había editorial que quisiera publicar a Harry Potter. La energía ahorrada y puesta a disposición para invertir, se transforma en propuestas de novedad y reconfiguración, crecimiento multiplicativo, desarrollo sostenido, tranquilidad para el futuro y un efecto acelerador de la organización. No porqué haya un “Imperativo Categórico” o una Ley Natural, sino simplemente porqué la energía no desaparece si le sobra a la capacidad de drenaje del flujo del entorno.

La entropía no es equivalente a desorden, sino a cantidad de soluciones, microestados, trayectorias, algoritmos,... que permiten a la vez conservar energía y flujo en cualquier punto, momento y escala. El exceso de orden en saturación llega al mismo puerto que el desorden, pues al sistema le da energéticamente igual tener N partículas indistinguibles por turbulentas -consecuencia del exceso

de demanda de flujo respecto a la oferta de drenaje- o por independientes -por exceso de capacidad de drenaje respecto al flujo-. En estabilidad cualquier innovación minoritaria que mejora la eficiencia del flujo de energía, constituye una solución avasallada por los macroestados (en el equilibrio, una mejor configuración no puede desplazar sino con mucho esfuerzo, a las antiguas ideas que llegaron antes); pero si se produce una bifurcación, un momento de cambio de fase, una exageración en la curtosis, habrá una reconfiguración de los nichos sobre los que competir, y opción a que la mejora propuesta coopita con la solución existente, realimentándose tal vez en una fase resonante o derrumbándose. Cuantas más soluciones y menor necesidad de detalle para describir al sistema con patrones, más resistencia al cambio.

Las decisiones aleatorias que hacen irreversible una trayectoria espacio-temporal, por poder recuperar desde agentes rugosos un comportamiento liso, también pueden con la escala recuperar la reversibilidad -muchos microestados aleatorios suman la misma longitud en sus trayectorias y convergen en un macroestado caótico y organizado-. El coste de recuperar simplicidad en una función de estado, es perder “el pelo”: la capacidad de ser reducido a una aritmética lineal entre sus partes con un detalle asumible por el observador. Cada escala acumula ceniza, resistencia, organización y olvido, lo que se traduce en nuestros modelos en intervalos locales de aplicación - siempre entendidos bien en espacio, bien en tiempo, bien en escala-, y constantes o valores arbitrarios inexplicados.

El acelerador de un beneficio depende del riesgo, puede proceder de la suma -varias circunstancias que confluyen felizmente en una configuración mejor, propio de sistemas estables próximos al equilibrio, maduros-, de la multiplicación -varias circunstancias que se refuerzan mutuamente, propio de sistemas homeostáticos a menudo periódicos, y que crecen y se reproducen- o de la exponencialidad -emergencia, propio de sistemas en proceso de colapso, que recuperan la iniciativa de la organización en el descrito “pulso” entre azar y escala, y que evolucionan-. La evolución en reforma suave de suma cero gusta de la linealidad y la periodicidad, de la conservación y homeostasis; y la revolución drástica de la suma-no-cero, de la irracionalidad y no-linealidad, de las rupturas de simetría, cambios de fase y no-conservación.

Entre dos o más subsistemas periódicos -cuantizados, y por tanto con una relación representable por un número fraccionado racional- que se han modularizado -acomodado con el tiempo y tendentes a independizarse-, se producen al evolucionar configuraciones innovadoras que se van repitiendo según sus periodos respectivos: un charco puede crecer a lago si el flujo entrante es mayor que la tendencia a filtrar y a evaporarse, para secarse en otras eras. Ante orografías semejantes, se repetirá el patrón sin copiarse unos a otros, sino como la máxima probabilidad de la solución al mismo problema... en lo que se llama autosimilaridad y que nada comparte con la transmisión de información que se replica (de todos los huevos nacen pollitos, sin necesidad de que un huevo le diga a otro cómo gestarse).

Un fenómeno viral, una plaga, una explosión. El operador resonante entre subsistemas periódicos entrega configuraciones que pertenecen al mismo espacio de soluciones -microestados- que su anti-imagen: por complejo que sea, las configuraciones propuestas y posibles son del mismo paradigma que las anteriores. Jugando a algo parecido a las damas, M. Langston propuso en 1979 parámetros para medir la sutil frontera entre caos determinista y caos estocástico, entre la periodicidad compleja y exponencialidad, reversibilidad y la irreversibilidad: el Suceso Umbral, el “crack” de la Bolsa, la gota que colma el vaso. El desequilibrio por exceso de energía en el flujo, precisa del círculo virtuoso retroalimentado que convierte al juego en suma-no-0 de acción-reacción; o por defecto prescindir del resto para emerger en una nueva jerarquía de escala. No habrá revolución mientras el cambio sea suficiente para dar salida al flujo de energía, si el excedente no produce innovación o si no hay cambio de escala en la perspectiva organizativa del sistema.

Sólo si se gestiona energía por encima de la capacidad de almacenamiento y drenaje del sistema, por ser la lenta adaptación de su configuración por exploración de alternativas en el relieve próximo, un cuello de botella al flujo, será constructual asumir el riesgo de una configuración externa al paradigma que deberá proceder de vincular al azar y a otra escala, aperiódica e irreduciblemente, sistemas no vinculados (es una opción mucho más cara pues deben de ensayarse y descartarse muchas más combinaciones, perdiéndose calidad en la energía). Llegados a no poder aceptar más agua en el paisaje, tras construir diques, pilotes, terrazas,... la alternativa al colapso y derrumbe o arrastre de la ladera, es el cambio de organización: la rebelión, destrucción de la presa o el cambio del ecosistema para introducir una senda de organización limpia de condicionantes previos y “lisa”.

La necesidad de mayor flujo se gestiona inicialmente con turbulencia, y si no basta, se puede llegar bien a la de un nuevo modo de gestionar el flujo, bien a la catástrofe o recuperación de la simetría. La saturación de flujo para la capacidad de drenaje de una “superficie” conduce a la organización de otra “superficie”, que evoluciona hacia la pérdida de información por no poder asumir en limitado espacio y tiempo, todo el detalle. Tal contradicción nos describe una realidad dual. Hacia atrás, cada organización necesitó menos bits para ser descrita dentro de cada paradigma, pero también en cada reconfiguración se perdió menos energía en la dirección “look-back-time”. Hacia adelante, con mayor demanda de bits de cada nuevo modo de gestionar para ser descrita a mayor escala, con más niveles en el detalle, también se olvida más información en el proceso de borrado del cambio de jerarquía, por los procesos contrarios de organización, complejidad y evolución a saltos emergentes. Según se expande, la flecha del tiempo concentra localmente la información, concentra temporalmente los flujos, concentra más energía en mayores jerarquías,... mientras el resto del Universo sigue diluyéndose en mayor volumen, uniformidad y aleatoriedad.

Retrocediendo en sentido inverso del tiempo a eras primigenias del Universo, el desperdicio de energía entretenida en restos pendientes tras una emergencia, invertidos y malgastados en ensayos, nuevas configuraciones, resistencia a los cambios, detalle innecesario,... era en términos relativos al flujo cada vez menor, hasta algún momento muy primigenio en el tiempo en el que la conversión de energía en exergía tendería a ser completa -perfecta, elástica-, y la energía no tendría demanda de partículas de materia donde ahorrar -una ladera lisa-. No hubo tiempo cuando no hubo cambio, si todas sus partículas, -sea lo que sea que en esas eras ésta palabra pueda significar-, eran idénticas. Hacia adelante con el tiempo, el Universo evoluciona cada vez a sistemas en escalas mayores con mayor pérdida de carga -acumulación de errores, decisiones e impurezas- o peor ratio de conversión en trabajo.

La concentración del flujo produce eventualmente emergencia de nuevas configuraciones de gestión, que dejan restos pendientes de energía entretenida, y consume a su vez energía en estructuras para la nueva configuración. Si la energía no se crea ni se destruye, la ineficiencia en la gestión del flujo descuenta y las imperfecciones -longitud de la trayectoria de la mayoría respecto al óptimo-, deben crecer con el cambio y la escala. Cada configuración local funciona según su interés energético, se relaciona y se hace dependiente de otras, acumula una historia de decisiones aleatorias, y genera un orden espontáneo por el mismo mecanismo de la Mano Invisible del Mercado, optimizándose a pesar de que cada componente vaya a lo suyo.

Mientras la evolución sea pronosticable, será reversible y el sistema dispondrá de información en el detalle necesario con el tiempo suficiente, para decidir la trayectoria y buscar la constructualidad (no accede al futuro, sino que lo supone con buena probabilidad). Sólo si hay conservación –o disipación con forzamiento-, continuidad y derivabilidad, la evolución en el tiempo de los estados energéticos pueden formalizarse por lagrangianos o hamiltonianos -según si interesa más el grado o el número de ecuaciones- y según convenga para el cálculo del gradiente o trayectoria de máxima eficiencia, respecto a la trayectoria con mayor número de configuraciones que dan lugar al mismo



resultado.

Mañana hará sol e iremos a la playa, pero resulta que mañana se estropea el coche y se fastidia el plan, por lo que cualquier otro es igualmente posible: ir a ver a la abuela, ir al cine, de compras,... “a priori” no estaba previsto por la función, los planes sobre los que decidimos que hacer pasado mañana ya no sirven y la realidad no puede parar para retroceder y preguntar: ¿qué camino tomar? Con detalle no infinito de la tendenciosidad, parte de la información se ha perdido y al Asno de Buridan le da igual uno que otro, así que se pierde la reversibilidad y, como es burro y no sabe que hay más allá, la posibilidad de seguir la trayectoria óptima. Es más eficiente la rueda que el paso, y sin embargo no hay animales con ruedas pues la discontinuidad del eje no fue un camino explorado por la evolución, y nos hemos construido funcionalmente sobre el menos eficiente camino de lo que hubiera diseñado un Creador, estructuralmente más fácil: la evolución actúa con lo que tiene sobre lo que hay.

El Principio Constructual, -de mínimo esfuerzo-, define que hay un decisor en una acción a favor de una pregunta aleatoria, sin embargo los patinetes no piensan en nada para decidir tomar la máxima pendiente. De hecho no la toman, sino que siguen geodésicas bien comportadas, sin preocuparse de si más allá hay un muro, un escalón o una piedra. Las partículas no piensan en los diferentes caminos de Feynman para tomar una decisión, ni los sistemas piensan en los diferentes caminos aleatorios para resultar un valor de presión. Las acciones son inerciales pero no lo es la realidad: el patinete no piensa en el concepto máxima pendiente, sino que toma el gradiente anterior como condición inicial y lo prescribe como proyección inercial del gradiente diferencial inmediato,... pero en la realidad de tanto en cuando hay baches, bordillos y otros patinadores.

Estabilizada la ineficiencia respecto al gradiente óptimo -por converger hacia un valor finito en el que más decisiones estocásticas, apenas modifican la energía transformada en el flujo-, la configuración inercial adquiere un “potencial de oportunidad”, cuantificada por ese valor energético desaprovechado respecto al óptimo. La probabilidad de una trayectoria será así la medida del potencial de oportunidad: por el Principio de la Causalidad, la decisión será en función a la extrapolación del inmediato pasado. ¿Invalida el desconcertante experimento de Y. Aharonov la causalidad, o es ésta interpretación de la entropía la que invalida el principio de mínima energía? Al ser observada la partícula en un estado intermedio condiciona los estados previos pues son proyecciones inerciales, por ello continuas y derivables: invertibles y deterministas. No hay baches ni bordillos en los experimentos, pero sí en la realidad.

Por la avasallante democracia de los macroestados, la longitud de las trayectorias mayoritarias serán las que primero se propongan, aun no siendo las mejores. La primera respuesta a una pregunta requiere de energía extra para desmitificarla: la primera bacteria que ocupa un pliegue intestinal, no deja instalarse a otra igual o incluso más eficiente; o la impureza que se cuela en un diamante, es más cara de sacar que si se hubiera diseñado con perfección desde el principio. La ineficiencia en la caminata respecto al óptimo constructual que toma la mayoría es la energía potencial de oportunidad respecto a otra opción mejor.

La aleatoriedad tendenciosa genera exploración de novedad, los ensayos alternativos, las ineficiencias errores, los errores acumulan impurezas en decadencia, la energía de sustitución es mayor que la energía de ocupación, y en asimetría, no hay suficiente capacidad de detalle para un tiempo limitado, ni suficiente capacidad de memoria y se olvida. Así la entropía es el resultado del desvío de energía potencial en: configuración -propuestas de cambio, algo así como un departamento de I+D+i-; privilegios -la energía de sustitución adquirida al haber llegado antes, algo así como un departamento de marketing-; resistencia al cambio -grado de complejidad y organización, algo así como un departamento de administración-; en decadencia -acumulación de errores e impurezas, algo así como la jerarquía de mandos-; en ineficiencias -rodeos en paseos y

caminatas, algo así como el departamento de calidad-; e incertidumbre -olvido de las condiciones iniciales, algo así como la gestión de recursos humanos-... El capital es la energía, y si no hay CEO -Dios medieval, no solo Creador como ha sido degradado desde el Renacimiento, sino implicado en la operativa diaria- ¿identidades? ¿son perspectivas de lo mismo? ¿patas y trompa del elefante de Buda? ¿se solapan? ¿dejan huecos? ¿unos sí, otros a veces, otros a medias y otros no?

La Entropía puede definirse de muchos modos, el grado de autismo, el nivel de olvido, la tasa de cambio, la intransigencia de las mayorías, también como la inversa de la calidad de la energía, que a su vez es su capacidad de transformarse en trabajo. La teología neotomista de finales del s.XIX, argumentaba que si la entropía crece, significa que hubo un inicio ordenado, y que ello era prueba de la existencia de Dios. Influida por la escuela de Lovaina, esa línea argumentativa fue retomada en 1927 por Lemaître en el primer enunciado de la teoría del Big Bang, que el Papa Pío XII recogió con el entusiasmo del Sesgo de Confirmación: “Inicio implica una Creación... y por tanto Creador y por consiguiente, Dios”. De haber planteado lo mismo de otro modo, Darwin sería santo. Los algoritmos de las limitaciones de la virtualidad prescriben que si la entropía siempre crece, el Universo es cada vez más ignorante, pero está más localmente estructurado,... Dios tiene mala memoria.

El Olimpo de los Dioses es una residencia de ancianos con demencia senil y de toda la experiencia que tuvo, poca queda que aportar a los hombres. La aleatoriedad anula por olvido a la experiencia que compensa el dinamismo de la juventud. Dos trayectorias de distinta longitud; dos microestados de distinta energía; dos costes para solucionar un mismo problema; dos tiempos entre equilibrios; dos compresibilidades; como dos configuraciones candidatas a ocupar el mismo nicho, de la que una ha llegado antes que la otra; describen el cambio. La ventaja máxima de haber ocupado el nicho antes, es también la cantidad de ruido y restos, el grado de chapuzas acumuladas, la erosión, la tozudez y la dificultad para convencer, la pérdida de carga, de calidad de la energía, la tendencia a consumir, la máxima fragilidad -resiliencia o resistividad mínima-, la incertidumbre del olvido, la difuminación de los detalles y matices, volviendo de nuevo a enlazar con la distancia de la complejidad a la aleatoriedad.

Si la fricción en la transmisión de un mensaje es pequeña, la fiabilidad es alta, el nivel de error, de desconocimiento, de olvido,... de privilegios y condicionantes, son bajos y el mensaje fácilmente comprimible. Los formalismos de Boltzmann y Shannon son idénticos pues formalizan lo mismo: de acumulación de aleatoriedad y olvido -borrado-, en las extrapolaciones inerciales desde el pasado al futuro en cada sistema, sea hidrológico, informático, electromagnético o termodinámico. El entorno dialoga con el sistema aportando o inhibiendo ventajas para determinadas opciones, que puede que incluso por abrumante mayoría coincidan con las inerciales, pero no siempre: tal vez una mayor concentración de tal sustancia, favorezca la velocidad de reacción en cierto sentido en vez de en otro; tal vez la construcción de un puente, de un encauzamiento, de un dique,... modifiquen la participación del agua retenida en el sistema en la ecuación de estado;... El sistema no lo sabe hasta después de “congelarse” al haber abierto la puerta. No se puede acertar siempre en todas las decisiones, pero no decidiendo no se falla.

La realidad nos aturulla, la simplificamos para que sea asumible, para lo que prescindimos de decimales -convertimos lo irracional en racional-, prescindimos de las interacciones y patrones que no vemos y prescindimos de las irregularidades -convertimos las dislocaciones en continuidades-. La realidad no es inercial, ni lisa, ni está en equilibrio, ni obedece a Cauchy, ni es “bien comportada”. La Entropía es un cajón de sastre de energía que no conserva el hamiltoniano, y si bien tiene en ello su común definidor, a su vez se distribuye en diversos estados: energía potencial de oportunidad -conservadurismo-, energía potencial “adiabática” -acumula información hasta necesitar borrar para acumular mas-, restos del cambio de fase y la emergencia de macroestados, inversión en novedad, ensayos y exploración de otras soluciones del relieve de microestados, riesgo, detalle, ineficiencia constructual -algoritmos por mayoría, no optimizados-, pérdidas de eficiencia

para los individuos concretos en decisiones colectivas, errores por las simplificaciones en la medición de variables cinéticas, asimetría en la distribución que describe la tendenciosidad, interacciones ocultas,... en mezcla dinámica por la que lo uno se transforma en lo otro y lo otro en lo uno. Todos los sabios ciegos que tocan las patas del elefante tienen razón y hasta se han puesto de acuerdo, pero no la tienen al negar la interpretación de quien toca la trompa.

La orografía y la pluviometría son independientes para todo modelo climático útil, aunque a escalas geológicas de tiempo -en mayor jerarquía-, sus interacciones generan dependencias: que coincida el flujo de lluvia con la capacidad de drenaje del sistema. En el buen comportamiento rutinario del sistema, ambos llegan a una dinámica de cuasiequilibrio, con evolución parsimoniosa y causal entre equilibrios, previsible y sosegada, que incluso en los eventos extraordinarios se torna en más casual que causal. En la interacción local de orografía y pluviometría, de entorno y flujo de energía, se desvía parte a la modificación del entorno, cuya información queda alterada ocupando la información previa, para lo que se borra la configuración anterior del entorno. La simulación requiere de menor detalle cuanto más parsimonia, tiene menos bits que la velocidad de la impresora en imprimirlos. Las inundaciones se producen dónde la sección del cauce con determinada pendiente y rozamiento, no ofrece a la masa de agua suficiente velocidad para drenar el mismo caudal que otras secciones gestionan (tal vez mayores) aguas arriba, con sus pendientes (tal vez mayores) y rozamientos (tal vez menores).

Si llueve menos de lo que la orografía puede evacuar, el exceso de capacidad de drenaje se transforma en aleatoriedad de modo coherente con la causalidad/casualidad, y la mayoría de los votos da el gobierno a soluciones conservadoras y liberales, en el sentido de poca intervención. En el aparente desorden hay estabilidad y bienestar. En la saturación y la sequía, se imponen soluciones minoritarias y arriesgadas, dictaduras fanatizadas que venden morales y policías estrictas. Orden y desorden son descripciones subjetivas de la evidencia de patrones: dependen del observador, y no son adecuadas para cuantificar la entropía o solución mayoritaria del Algoritmo respecto al óptimo.

Suponiendo que la configuración de la realidad no siempre se porta matemáticamente bien, y cambia brusca y ocasionalmente. La energía que entra en el sistema y no sale ni se entretiene, sino que se acumula y atasca, produce desequilibrio en valor que nada significa para el hamiltoniano y se acumula en la entropía, si no se conoce la distancia entre el equilibrio y la bifurcación en la que se cambia de escala, como solución impaciente -sin darle al tiempo opción- a la solución por turbulencia. Sucede con medir el equilibrio, lo que sucedía al medir la tendenciosidad: con suficientes variables y en buen comportamiento, estadísticamente podemos acudir a una distribución normal, pero caso a caso, localmente, emergencia a emergencia, cada estadística será de su padre y su madre, inteligible aunque no previsible, indeterminada “a priori” según una probabilidad, y explicable al haber sucedido.

La distancia al equilibrio se estima cuantitativamente por el Teorema de Jorzynski, a través del trabajo irreversible: cuán asimétrica la distribución del trabajo entre los agentes del sistema; o dicho de otro modo, lo mal definido que esté, o cuánto se aleja su distribución del valor promedio. El trabajo invertido en sacar a un sistema del equilibrio, es devuelto al entorno durante su relajación en forma de calor por completo sólo si el trabajo es un valor cerrado, pero al no ser el trabajo una variable de estado, -una simetría “gauge”-, sino un proceso cuyo valor estadístico tomamos como variable del sistema, sus “momentos estadísticos” de orden mayor a 1 (los que no son promedio, sino sus matices como la dispersión, la asimetría u oblicuidad, la curtosis,... disipan), responden a asimetrías que se pierden irreversiblemente. Al describirse completamente por definición con promedio y dispersión, una distribución normal del trabajo disipará según su desviación típica, tanto más cuanto mayor sea su dispersión al cuadrado. Cuanto más asimétricas en más grados del polinomio expandido de su caracterización, más irreversibilidad.

Si no se conoce la distribución del trabajo que provoca el desequilibrio o en situaciones solitones u homeostáticas, otro modo más gráfico de descripción pueden ser las funciones candidatas de Lyapounov, -camino por funciones mínimas, máximas, funciones de inflexión,...-, que definen un espacio de curvas de nivel convergentes a zonas de equilibrio estable o inestable, localmente atractivos. Una función de Lyapounov con derivada negativa, será atractor para situaciones desestabilizadas; así como valores positivos escupirán esas configuraciones de modo aleatorio, ofreciendo rupturas de reversibilidad al encontrarse con singularidades.

“Strictu sensu” la entropía no es tanto desorden, sino cantidad de soluciones posibles y equivalentes a la conservación de la energía y del flujo a la vez: es más corriente que abunden más soluciones aparentemente desordenadas que ordenadas, pero a veces no es así. En un sistema isoterma, el principio de máxima entropía se convierte en el principio de mínima energía libre. En 1949 Onsager propuso el mecanismo de transición isotropo-nemático de cristales líquidos. Más volumen accesible para cada partícula lleva a menor entropía, lo que puede suceder en una disposición cristalizada respecto a un desorden fluido. Simulando la distribución de las bolas duras en un espacio cerrado -cual naranjas en una caja-, en 1957 Alder y Wainwright publicaron modelos numéricos en los que las soluciones “ordenadas” eran más abundantes que las “desordenadas” en saturación mayor al 50% del volumen. Desde 1986, la química de los cristales líquidos y de las soluciones coloidales, juegan a añadir ciertos polímeros que se adhieren a la superficie de las partículas; y como consecuencia de ello se produce una interacción que repele el acercamiento de dos de tales partículas, y que llega a ser de tal intensidad que puede incluso vencer la atracción electrostática entre ellas.

Al elevar la temperatura de un sistema, hay más energía a disipar, lo que precisa de mayores flujos, que es mayor velocidad de cambio, si en laminar no es suficiente, el sistema se gestiona en turbulencia, y aun así no basta, de mejores flujos, incluso modificando la “superficie” por la que drena la energía. Todo a la vez y todo ya: nada de entretenerse a analizar opciones, consideraciones y ventajas o inconvenientes. La realidad es muy bruta y funciona por cantidad de alternativas, en vez de por la selección sesuda y depurada de la mejor solución (es cuantitativa, no cualitativa). Puede haber sobras en la capacidad de drenaje hasta la saturación, que los desordena; pero también excedente de energía que sobresatura el sistema, que se reinvierte en probar nuevos modos de drenaje y los ordena con mayor entropía. Al obtener localmente beneficio del orden en la concentración de la disipación de energía con caminatas menos aleatorias, la reducción de ineficiencias generan excedente que se usa, sea reinvertiendo en erosión, en novedad,... en I+D+i, o en pruebas, errores e inestabilidad.

Ni mayor entropía significa necesariamente mayor desorden, ni más evolución acaba en más complejidad. Ni el tiempo lleva lo aleatorio a lo óptimo, ni la suma de los intereses locales al interés general. El propio interés egoísta de cada subsistema local en conservar su flujo, puede no coincidir con el interés del sistema general, sea lineal, multiplicativo,... potencial-exponencial. La gestión local por almacenamiento de agua en un lago, puede no coincidir con la solución óptima al flujo de la cuenca hidrográfica en general, lo que obliga con el tiempo al cambio en la orografía. Alguien se sacrifica por el bien del grupo, o que para que el conjunto se optimice, unos ganan y otros pierden, pero no hay modo de que siempre todos ganen. La suma de comportamientos por interés local, puede producir un comportamiento colectivo de distinta naturaleza (como la suma de las intenciones de maximizar el beneficio por parte de cada individuo de un mercado, produce una minimización del beneficio del conjunto),... o no, si la relación entre ellos es asimétrica (los mercaderes tienen diferentes ventajas). La complejidad se concentra localmente en el espacio (cada vez más cara, ineficiente y con mayor consumo), en el tiempo (la evolución se acelera) y escala (emergencia jerárquica de organización cada vez más compleja). El crecimiento en espacio es Expansión, en tiempo es Entropía y en escala, Complejidad.

La narración de la disparidad continua-discreta de las mecánicas relativista y cuántica, se repite en la dinámica de la energía y la escala. Si el flujo espacial de energía se concentra continuamente en el tiempo, la jerarquía sube abruptamente de nivel en saltos, en cierto sentido análogos estéticamente a los cuánticos, y que llamamos emergencias. Los niveles emergentes iguales tal vez hablen distintos idiomas -células distintas entienden mensajes químicos de modo diverso-, pero pueden compartir significados: hay gramática, traductores y una lingüística. Biosemiótica: el signo y no el gen es la unidad de información. Los niveles de diferente jerarquía no comparten paradigma ni propiedades: no hay traductores, pues no comparten las variables de estado, y no se pueden entender, solo tolerarse e incluso colaborar, aunque lo hagan sin intención y cada uno crea que va a lo suyo. Al saltar a un nivel mayor de organización, la organización se concentra y las referencias de tiempo aumentan en orden de magnitud. Una célula vive unos días en el cuerpo que vive decenas de años. Las sociedades viven siglos... Si el tiempo entre turbulencias pasa cada vez más rápido, lo hace en referencia fractal a unidades cada vez mayores. ¿Tendrán que ver: serán iguales sus derivadas, convergerán o divergerán?

Los humanos no conquistarán el espacio sideral ni extraterrestres nos visitarán, pues sus referencias de tiempo no están en el orden de magnitud asequible a las distancias interestelares. Entidades emergentes que tal vez tengan algún parecido con la Matrix o la Colmena Borg, con Gaia o Skynet, tendrán marcos de referencia temporales de otro orden de magnitud. Si conviene según coste beneficio, ellas buscarán a sus homólogas, con las que puedan entenderse y relacionarse, acumular una historia de ineficiencias, no a nosotros. No les entenderíamos y tal vez ni siquiera sabríamos identificarlas tal y como ellas mismas se identifican. Si Internet fuera consciente de si misma quizás no lo sabríamos. Podemos imaginar hombrecillos verdes, pero no se nos pasa por la cabeza imaginar que nuestras células quieran contactar con las tuyas y desearse paz y amor, sin nuestra traducción. No hay exploradores de la galaxia a nuestro nivel, sino a niveles jerárquicos superiores con otros referentes vitales que viven miles de años,... quizás algún día veamos alguno de paso a sus cosas, pero seguramente ni se fije en nuestros patéticos intentos de llamar su atención... o si se para, pongámonos a temblar, no será para conquistarnos, sino para absorber recursos, sean estos los que sean según entienda a quien no entendemos. Una ameba no se pasea de charco en charco, si no es a remolque en el zapato que la ha pisado.

En un Universo en expansión, con flecha del tiempo desde el pasado al futuro, la emergencia de novedades es consecuencia genérica de la localidad y no una excepción local. La extensión del tiempo vital obliga a la concentración, mantiene la homeostasis -equilibrio inestable de soluciones turbulentas a la "ecuación de conservación"-, acumula ineficiencias en su flujo hasta devolver energía al entorno -envejece- y los subsistemas -desde las celdas hexagonales de Bénard a los órganos del cuerpo- se especializan y modularizan a la vez que se desvinculan. Por contra, con la emergencia se transporta funcionalidad de la estructura de las configuraciones a la holística y relación, de la topología -geometría sin métrica- a la dinámica -relato despejando ineficiencias-, haciendo cada vez más dependientes las variables -vicios- dentro de cada subsistema. Así la homeostasis cuesta energía por ineficiencia de la aleatoriedad, pero la ineficiencia es el vertedero de acumulación de los residuos dónde se gestan novedades, por lo que reproducirse es una necesidad de puesta a cero del contador de errores y vicios. La emergencia toma como inputs constantes lo que en su nivel de procedencia había evolucionado a una distribución probabilística de valores y define los nuevos atributos como independientes y sin historia de relación entre ellos.

Así como mezclamos distintos regímenes democráticos y autoritarios -desde la saturación e insaturación- reconociéndose ambos como gobierno: difusión o turbulencia, conducción o convección, también lo hacemos en el equilibrio -más sillas que culos mantienen el equilibrio entropizan en la cantidad de sillas que sobran, y más culos que sillas desequilibran el sistema en la cantidad de las que faltan-. No son "idénticos" complicado y complejo, ni desordenado que caótico, ni aleatorio que normal, ni sensibilidad que olvido de las condiciones iniciales. Puede haber caos

estocástico lineal, multiplicativo y no-lineal; pero también determinismo multi-lineal, tan complicado que por insuficiente capacidad de proceso lo confundamos con aleatorio. Si el desequilibrio es la acumulación de flujo por saturación de la capacidad de drenaje del sistema, se manifiesta en turbulencia y es como la presión sobre una superficie de la que no conocemos “a priori” su resistencia. La medida del desequilibrio es la de la tolerancia del envase a la turbulencia, el caudal respecto a la capacidad de drenaje del cauce... la inundación. En éste caso particular la capacidad de drenaje se puede calcular por la pendiente, la sección y la rugosidad; y es posible evaluar la probabilidad de una inundación para cada caudal. Pero ¿conocemos la capacidad de drenaje de energía de cada proceso de desequilibrio? Las candidatas de Lyapounov son suficientes pero no necesarias.

Mientras la energía pueda almacenarse y disipar a mayor velocidad en el flujo de lo que es gestionada por el sistema, se distribuirá con cierta aleatoriedad dependiente de lo independientes que sean las variables del espacio de soluciones -fases-, por debajo de la capacidad del sistema para drenarla y será resto no utilizado: se derramará para ocupar con cierto grado de aleatoriedad las configuraciones disponibles -como un gas que ocupa el volumen del recipiente que lo contiene, o la ropa en el armario-, invirtiendo esa financiación en consumo y gasto, pero no en inversión que produce complejidad y defectos, empresas de éxito y quiebras, sin efecto multiplicador de la innovación y la competencia. Si hay más mercado que propuestas, la escasa innovación y competencia favorecerán configuraciones más optimizadas, conservadoras, pensadas y menos originales, pero si hay dificultad por obtener una insuficiente financiación, solo los más arriesgados podrán sobrevivir. La inversión en ineficiencia se transforma potencialmente en exponencialmente productiva o en crisis.

La Ley de Continuidad tiene varios padres. En condiciones microcanónicas el Teorema de Liouville nos recuerda el carácter conservativo de un volumen en el espacio de fases, que es flujo en una superficie. Si localmente un aporte de energía supera la capacidad de ser almacenada y drenada, sin orden ni concierto, o la acumulación de información sin capacidad de ser procesada, el postulado de microestados sin poder realizarse, las trayectorias que quieren correr el encierro,... tropezarán como corredores y toros en la entrada de la plaza en un encierro de San Fermín, y crecerá el desequilibrio local, que crea una presión sobre el sistema limitado por la capacidad de flujo disipativo máximo que permite la superficie, que lo puede llevar a la inestabilidad y al colapso o a la exploración de otras soluciones y de ahí a la genialidad. Lo localmente desequilibrado y turbulento puede disponerse en un entorno general equilibrado y entrópico, y viceversa: funcionarios con emprendedores; pero también en una situación intermedia de equilibrio homeostático localmente turbulento o Sistema Complejo Adaptativo.

Pero también hemos descrito el caso de insaturación, como situación a votar entre los microestados por la ecuación diferencial de conservación de energía y su flujo: de más sillas que culos. El que no todos los nichos y posibilidades estén ocupadas oferta decisiones no convergentes, prescribe un álgebra booleana, laminar, lineal o incluso multiplicativa, con operadores reversibles y por ello analítico. Rigen modelos tipo Leipzig (el mínimo constructual lo define el factor limitante). Los sistemas crecen, la evolución es continua, el desarrollo proporcionado,... todos viven bien y la igualdad va matando la actividad. Los microestados votan gobierno laminar. La misma Muerte como solución de equilibrio termodinámico, apoya la tesis del primo de Darwin, F. Galton, que intuyendo el teorema central -con el tamaño se tiende a la campana-, propuso el “Principio de Regresión a la Media”, por el que los sistemas tienden con la condición de linealidad e independencia, a la mediocridad.

Muerte al minimizar la energía; vida al minimizar su derivada: el flujo. Equilibrio termodinámico vs equilibrio homeostático. La estabilización del flujo de energía -homeostasis- es equilibrio dinámico del sistema frente a la variedad del entorno; y muere cuando se rinde y estabiliza con la

solución de mínima energía: no gastar y dejarse llevar así por el entorno, incapaz de cambiar para adaptarse o sin energía para adaptarse. En homeostasis el flujo coincide con la capacidad disipativa, el caudal con el cauce y todas las farmacias y estancos tienen beneficio, el mercado se “perfecciona”, el marketing lo tiene cada vez más complicado para diferenciar el producto, y según madura el mercado, se reduce el beneficio marginal hasta el lanzamiento de un nuevo negocio. El vivo vive en homeostasis al precio de envejecer: cuando todos opinan lo mismo, es que ninguno piensa, (W. Lippman).

A medio camino hacia el otro extremo de saturación, el que haya más oferta que demanda de posibilidades, prescribe un álgebra “libre de escala” y “correspondiente”, lineal en la escala -fractal-, pero turbulenta y no-lineal en el tiempo, con operadores que rompen la simetría y definen una flecha de tiempo que el propio sistema olvida de verdad -y no por complicado-... pero la repite, en terminología actual lo llamamos viral. Los sistemas de álgebra viral emergen o colapsan, hay cambios jerárquicos de propiedades y variables de estado, la suma o multiplicación de intereses locales no produce una caminata aleatoria convergente en su ineficiencia hacia la igualdad en la longitud de trayectorias. Si el equilibrio estable se desestabiliza por saturación más allá de lo gestionable por la turbulencia, por el caos complejo, puede estallar la revolución, todo se descontrola hasta que se pone el contador a cero en la holística de un nuevo sistema que nace inocente de los vicios de sus padres.

El Teorema de KAM determina que una pequeña no-linealidad introducida en un sistema, produce una presión selectiva contra los movimientos armónicos puros y racionales, favoreciendo la repetición de patrones autosimilares no-idénticos -restos, ineficiencias, errores,...-. Cuando la no-linealidad se extiende y refuerza, la convergencia se destruye a partir de un valor crítico de no retorno, desde el que no es posible inferir los criterios de supervivencia de unas configuraciones ante otras... las reformas pueden, con suerte, llevar a sistemas políticos autosimilares o convergentes, pero las revoluciones no resultan lo que los revolucionarios pretendían, al gobernar en minoría macroestados inexplorados. Toda brusca ruptura de la simetría temporal procede de la bifurcación y amplificación de una inestabilidad, desde lineal, pasando por proporcional, exponencial y hasta viral. Para amplificar una resonancia, los cocientes deben ser entre racionales y se desprecian decimales, cenizas,... A partir de un valor crítico de energía se avanza sin remedio al desorden y a la novedad impredecible, ocasionalmente convergente hacia algún atractor... “autosimilarmente” una y otra vez, hasta que en uno de los saltos resbala o no agarra la siguiente rama y muere,...

En el caos todo orden aparente, se desvanece a la vez que aparecen patrones a otra escala: la aleatoriedad aparente y autosimilaridad aparente son dos caras de la misma moneda de oro, pues en el contexto KAM, la proporción aurea es la relación resonante entre los periodos de mayor estabilidad. El azar tendencioso, el exceso de longitud en la trayectoria mayoritaria, los decimales despreciados, la energía no utilizada, los sacrificios individuales para el bien común, la resistencia al cambio, los comportamientos “free rider”, las cenizas, las sillas que sobran, el detalle no memorizado,... la Entropía, marca la frontera entre la hipersensibilidad divergente y el olvido convergente de las condiciones iniciales. Hipersensible puede ser complicación hasta lo inabarcable, pero lo que no sea posible para el mayor de los ordenadores, tal vez pueda ser determinado por el menor de los dioses. La información se transforma en estructura. El caos del olvido es otra cosa: en un Universo localmente irregular, ni los dioses recuerdan la trayectoria de ida, salvo que tuvieran el poder de residir en más dimensiones y ver a la vez causas y efectos como puntos de un espacio-tiempo menor y a cualquier escala.

La irreversibilidad termodinámica reinterpretada desde la Mecánica Estadística, distingue entre procesos de evolución en los microestados cuasiestáticos, reversibles de equilibrio en equilibrio; de los procesos explosivos e irreversibles, que no tienen tiempo de pasar por el equilibrio (en cuántica son partículas resonantes o intermedias, que no conservan la energía pero sí los demás números). La

estabilidad dinámica de las singularidades emergentes y/o catastróficas: puntos del espacio de fases convergentes en soluciones o divergentes en "dislocaciones", introduce decisores estocásticos en situaciones de no-equilibrio. La irreversibilidad sin equilibrio respecto al que referirse, implica necesariamente impronosticabilidad. Poincaré ya había demostrado la recurrencia, lo que significa que la divergencia no impide una aproximación no-analítica a un patrón, pero no será de la dinámica entre equilibrios, sino de la similaridad entre disequilibrios.

Irónicamente, a pesar de conservar la información, de la hipersensibilidad puede surgir el caos; y sin embargo del olvido aparecer el orden espontáneo. Se han desarrollado originalmente metáforas matemáticas para la Teoría de Cuerdas, definiendo paisaje n-dimensional de valles, mesetas y montañas, estables e inestables, configuraciones más probables donde buscar una bolita que lanzáramos al azar en ese paisaje: las "bifurcaciones" del espacio de parámetros o "atractores" del espacio de soluciones -fases-. Tirando un número suficientemente alto de canicas a éste "juego", se acumularán de similar modo en similares "geomorfologías", aunque con más de cinco dimensiones, las estabilidades locales tienden a infinito, modulándose el sistema en subsistemas independientes: órganos funcionales como lo vemos si nos miramos en pulmones, corazón, riñones,... Al llover, los charcos siempre se forman en los mismos sitios y son de tamaños proporcionales a lo que llueve y entre sí: para varios sistemas con variables similares, los "ordenes espontáneos" sobre las que actuará la Selección Natural serán múltiples y localmente convergentes.

Un partido de fútbol tiene condiciones iniciales y reglas perfectamente conocidas, y no por ello podemos predecir el resultado de un encuentro. A diferencia de los sistemas aleatorios -la lotería-, en el desarrollo de los sistemas dinámicos no-lineales o adaptativos complejos -la turbulencia-, la unidad, el árbol, no importa, y la finalidad no es la predicción, sino la descripción de los patrones que emergen en el bosque. No es lo mismo la sensibilidad a las condiciones iniciales -en el que además hay grados-, que el olvido de las condiciones iniciales -en el que también hay grados-. En el caos determinista, tan complicado que es aparentemente aleatorio, por definición existe una estructura subyacente de orden. El que sea demasiado compleja para ser pronosticable, no significa que no sea un sistema estructurado a su modo y emergerá el orden indeterminado que lo determina. En el olvido, no será la información conservada, sino la convergencia de trayectorias de soluciones más probables, de la que surgirán patrones probabilísticos. Quien aparcando abolle el coche ajeno, solo dejará nota si es observado.

La estadística determinista funciona bien en los desarrollos cuando la media importa más que la varianza; la aleatoriedad cuando los valores son tan dispersos que poco nos dice un valor medio, mediano o modal. Los atributos de los sistemas que convergen por diferentes paseos aleatorios de muy alta varianza -vuelo de Lévy- en una bifurcación, son olvidados -propiedad de Markov- y no son deducibles de las propiedades y leyes del sistema resultante. La E. Coli tiene un flagelo con el que se mueve en tramos largos separados por cambios de dirección aleatorios. En sus paradas "huele" y los mensajes químicos que percibe hace converger en sus trayectorias hacia el lugar donde está la comida. Cada parada, cada sinapsis, cada encrucijada, cada decisión aleatoria, cada singularidad, cada provocación entrópica, es una oportunidad de diálogo con el exterior.

Con infinita capacidad de proceso y memoria, un dios menor residente en nuestra realidad y afectado por la Ley de Causalidad, olvida si no es capaz de recordar también el futuro... lo que nos permite el libre albedrío. Simple procede etimológicamente de plegar una vez, y complejo de trenzar, anudar. Tras recoger la estadística por el camino, la termodinámica disipativa, se paró en la panadería -transformaciones topológicas, para quien no pille la referencia-, a negociar con la irreversibilidad y la irregularidad del entorno, la definición de Libertad.

Simetría: el entorno modifica la vida y la hace evolucionar, a la vez que la vida modifica el entorno y lo hace evolucionar. Igual hacia la derecha hay nubes y hacia la izquierda está soleado, o igual alguien pone un cartel anunciando una fuente de agua fresca. Las singularidades en funciones mal



comportadas, son encrucijadas en las que en las que el sistema escucha al medio y se deciden influidos por la tendenciosidad local -modificaciones de la aleatoriedad- en la inercia entre pasado y futuro: son influenciados. Ante una decisión entre izquierda y derecha, por tener un muro en la opción de seguir recto, la aleatoriedad puede ser tendenciosa... colarse para darle ventaja a una opción. En el alfabeto no todas las letras tienen la misma probabilidad aleatoria, y sin embargo si se propone la inercia tras una A, el que esté seguida por una B o por una Z no es la misma por la historia del desarrollo del lenguaje. Esa probabilidad no es constante y en unos siglos, según haya evolucionado la lengua las cantidades de B o Z después de la A no serán la mismas. El entorno o la intención pueden entrar en el devenir. Para que haya comunicación entre sistema y entorno, debe haber singularidades, que ofertan así, por el mismo proceder el grado de libertad.

El equilibrio homeostático es adaptación turbulenta al desequilibrio del entorno, y lo uno sabe de lo otro a través de la discontinuidad y las dislocaciones, sin los que no hay ni necesidad ni capacidad de adaptación. Dos neuronas se comunican por un espacio intersináptico en el que la concentración de hormonas de un tipo inhibe o potencia un camino respecto a otro. Si el entorno no es perfectamente homogéneo, influirá en las decisiones más transitadas y como sucede en los procesos de decisión del camino de una hilera de hormigas, la retroalimentación de una de las opciones hace converger al sistema hacia esa opción. Las termitas dejan montoncitos de tierra con saliva que contiene una hormona de agradable olor con un alcance crítico, así acuden otras termitas a dejar sus depósitos y los pilares del termitero crecen a distancias similares y construyen termiteros parecidos sin mandarse planos por fax.

Un sistema tenderá a dividirse en comportamientos de subsistemas cada vez más independientes entre sí, en vez de dividirse en comportamientos individualizados y óptimos para cada uno de sus agentes, aunque fuere más constructual, pues ello indicaría una aleatoriedad sin influencias. Todo sistema tiende a la autonomía y a la dependencia, siendo el individualismo y el independentismo los extremos óptimos en los que muere. La no-derivabilidad y la discontinuidad, -entropía y aleatoriedad-, nos ofrecen la capacidad de decisión, elección y equivocación,... la Libertad, a la que no tienen capacidad de acceso ni comprensión simplificaciones, utopías e idealizaciones.

En formalismos clásicos las funciones no resolubles por métodos matemáticos se “factorizan”, “linealizan”,... y con la aparición de los ordenadores, el cálculo numérico permite modos más “brutos” y efectivos de aproximación, añadiendo más errores de pronóstico para mejores funciones, con el coste de prescindir de la deducción intermedia. Las relaciones entre subsistemas modulares pasan a combinarse por las relaciones entre elementos que los constituyen -pulmones y corazón se influyen a través de glóbulos rojos, células especializadas de la misma jerarquía que las células de cada órgano- introduciendo un eje adicional de escala, a la estructura y funcionalidad, al tiempo y al espacio. Las enzimas manejan ordenes de magnitud de tiempo y de espacio distintos a la información genética que codifica su concentración en tiempo y espacio. El desarrollo de axones maneja ordenes de magnitud de tiempo y espacio distintos a las transmisiones de potencial eléctrico entre las neuronas. Los paradigmas manejan ordenes de magnitud de tiempo y espacio distintos a las ideas, experiencias, observaciones, teorías, prejuicios y experimentos, que los definen.

Cada jerarquía de escala en la realidad pone a cero la memoria del sistema que se inicia: al emerger la historia de fricciones entre agentes del sistema, es obviada por el nuevo sistema en el que toma estructura y dinámica, relato e ineficiencias de los anteriores como elementos constitutivos. La fricción se manifiesta con otros atributos pues es, entre otros agentes, la historia de las ineficiencias y vicios entre partículas, y se traduce como entropía al considerar la temperatura o la presión, que no niegan la existencia del rozamiento en una jerarquía menor, sino que tienen otro modo estadístico de describirlo. Cambia el lenguaje y para que el nivel inferior comprenda los criterios del nivel superior, debe resumirse. La Ley de la Entropía es el modo de reconocer sin aceptarlo explícitamente, que los sistemas ideales proceden de sistemas reales, que el bien del colectivo puede requerir de algún sacrificio del bien de alguno de sus agentes en algún momento, que sólo en su

inicio son immaculados, que envejecen y acumulan manías, que no todos los créditos se devuelven, que no todo el mundo es bueno, o malo, que los egoístas ganan, que no hay movimiento inercial o sistemas bien comportados en todo espacio, tiempo y escala.

Ni el hombre soporta demasiada realidad, ni los simulacros demasiada física y debe de compensarse con las entropías o todos los matices de La Entropía. Podríamos enunciar la Segunda Ley de la Termodinámica como el precio por sostener la Primera Ley de la Mecánica Clásica, en flagrante negación de la realidad -reversibilidad temporal- y de la idealización por la que en cualquier cambio hay fricción. No es posible idealizar una dinámica colectiva en la que el movimiento de las partículas de un sistema suficientemente complicado, sea inercial, elástico y perfecto. Medimos nuestro desconocimiento -la degradación de nuestro conocimiento- por los prejuicios asumidos: los sistemas ideales no existen. Casi todos los sistemas que cambian con el tiempo son disipativos, pero en números laminares algunos pueden aproximarse a inerciales. La hipótesis ergódica supone que en condiciones ideales de homogeneidad -en el espacio- y estacionariedad -en el tiempo-, la media es la suma de los promedios; y cuando no es suficiente, los axiomas de Reynolds, convierten por decreto en gaussiana a toda distribución turbulenta: reducir, linealizar y laminarizar a conveniencia para satisfacer a los mecenas.

Al poner el contador a cero en las condiciones iniciales de una nueva jerarquía, las variables continuas son sustituidas por sus valores estadísticos, simplificando la historia y olvidando que son hijos de complicados procesos. En un partido la pelota pasa de ser vista por los atributos de la temperatura del aire que la contiene, la resistencia de los tejidos con la que está fabricada, las fuerza de sutura de las costuras, el color de las pinturas, su disolubilidad, la fuerza de adhesión de los pegamentos,... a ser una esfera de radio, elasticidad, peso,... y de ello, para el sistema “partido de fútbol” pasa a ser un punto adimensional “sin pelo”, situado en el centro de gravedad, dónde se aplica un momento cinético, y el cálculo de su trayectoria se idealiza y aproxima inercialmente, olvidando el movimiento de las partículas de gas sobre las paredes internas del plástico. Al poner el contador a cero, las partículas de aire de un balón en una cubierta de cuero con una descripción estadística, lo que era continuo puede ser cuantizable en números enteros de balones, de jugadores, de goles... y no hay quiniela posible de resultados irracionales, sino enteros.

En su descripción matemática un electrón es un campo distribuido en el espacio-tiempo, y en el siguiente nivel jerárquico pasa a ser descrito por las propiedades aplicadas y aplicables a un punto en el centro de gravedad. ¿Cómo podemos definirlo como Fundamental, tomando por Fundamental aquello que no es divisible, si para definirlo lo hemos descrito como una “nube de probabilidad”? Todo es fundamental en su nivel jerárquico si se define según el lenguaje de propiedades en una escala determinada. Fundamental debe ser reconsiderado como Inercial... “liso” (Sísifo): la curva a mano alzada coincide con una función derivable, sin resto. El mundo fundamental es de geometría fundamental. Los agentes constitutivos de un nivel de jerarquía son puntos adimensionales que resumen distribuciones complicadas de variables interrelacionadas, y así las dimensiones son los atributos del nivel emergente superior. ¿Hay viscosidad en la excitación y desexcitación de un nivel energético en un átomo? ¿existe lo Fundamental o hasta las partículas subatómicas son sistemas fractales?

Media la misma capacidad de ser complejo un Universo entre la escala de Planck y la escala cuántica fundamental, que entre ésta y la del Universo. Media menos tiempo hacia el pasado que hacia el futuro, y sin más razón que la capacidad de medición del observador hemos decidido que lo Fundamental se da en aquel nivel de detalle al que podemos acceder: ¡qué casualidad! ¿Quién se puede creer que más allá de la escala de los “femtoms” nada sucede? La órbita de La Tierra va cayendo hacia el Sol al emitir ondas gravitacionales, aunque a ritmo tal que un observador que tuviera esa escala por fundamental, podría aproximar a ser absolutamente estable.

La Teoría del Todo necesita deshacerse de lo inercial para unificar en un paradigma las preguntas y poder tener una, en vez de varias respuestas. Premisa que no se cumple si el movimiento inercial sin rozamiento de la dinámica y el principio de equivalencia relativista, deben de coexistir con el movimiento con fricción o entropía de la termodinámica; la determinación de la posición, con la indeterminación del momento; y la fractalidad de las leyes manteniendo las propiedades -Principio de Correspondencia-, con la jerarquía: el desarrollo dentro de cada fase -evolución progresiva-, debe coexistir con el cambio de fase y de los atributos en sistemas jerárquizados -evolución a saltos-. En una negociación todos deben reconsiderar su posición y transformar algo esencial en accesorio para construir desde lo que es común. No habrá TOE sin POE, -"paradigm of everybody"-.

Si tomamos la escala como dimensión del sistema con el espacio y el tiempo, la ruptura de la simetría, transita la fase para cambiar los atributos con la jerarquía y deja de conservarse la fractalidad espacial -estructura- y/o temporal -función-. Las leyes dinámicas del movimiento de partículas, cambian a las leyes de la termodinámica al cambiar la escala. Lo accesorio puede ser lo inercial en el inicio de una emergencia, en sistemas no saturados,... Sistemas "ab initio" en los que la suma de las acciones individuales producen un resultado colectivo vs sistemas en los que la suma de las buenas intenciones, genera un sistema injusto, autoritario y cruel (la prédica del amor universal conduce a la Inquisición; o el voto de ignorantes, interesados, egoístas, cobardes,... generan una democracia con mejores decisiones y adaptabilidad, que una dictadura de los filósofos). ¿Qué magnitud deja de conservarse?

En entornos localmente sobresaturados, el exceso de flujo entrante respecto al limitado divergente de aporte o drenaje de energía del sistema, genera turbulencia como desespero por recuperar el equilibrio por las malas, ya que por las buenas no llega a tiempo: un huracán es un modo rápido del sistema atmosférico de recuperar la homeostasis y bajar unos grados de temperatura amplias zonas del océano. Si lo hiciera por conducción o radiación, sería más lento que la velocidad de acumulación y colapsaría. Si con turbulencia no-lineal no se recupera el equilibrio, no espera a esa estabilidad y evoluciona como no conservativa, que para unos es suma-no-0 de la acción-reacción, otros lo llaman simetría-rotta, e implica necesariamente la no-conservación de una magnitud. Sólo en el desequilibrio entre estados estacionarios, es posible una relación comercial en la que ambas partes contractuales obtengan beneficio (teorema de Coase, por el que el equilibrio, la igualdad o la justicia, son muerte) o perjuicio (ineficiencia de la distancia a la caminata óptima), e interpretando a E. Noether, no suman-0 y su diferencia resta la cantidad de desequilibrio o flujo neto -Divergente de Campo-.

Formalmente se entiende por Identidad la independencia en el resultado del formalismo utilizado. Sin interpretar coincidencias matemáticas con coincidencias fenomenológicas, el método de caminos de Feynman, se demostró idéntico al matricial de Heisenberg y a la función de onda de Schrödinger, al menos en su relato; también son idénticos al método "random walk" de las caminatas estocásticas para cuantificar la aleatoriedad -la libertad-, respecto al cálculo numérico por combinatoria del "algoritmo perfecto", que también estima el potencial del privilegio o ventaja de Exclusión, incluso el grado de perfección. A su vez medir la ineficiencia resulta equivalente a la improbabilidad de los microestados de Boltzmann, y éste al método de Clausius, que convergen por la decisión del detalle con la pérdida de información de Shannon. Así conceptualizada, la entropía es la consecuencia directa del Principio de la Causalidad: la causa precede siempre al efecto... y por no conocer el futuro, las elecciones no son siempre las mejores de las posibles, sino las más constructuales, o la inercia infinitesimal de una función, puede presentar discontinuidades, por donde y cuando se comunican e interrelacionan sistema y entorno.

Todos lo sabemos, decidir es asumir errores. Con éste prisma, la Segunda Ley de la Termodinámica es la misma Ley de Causalidad -el desconocimiento del efecto genera la ineficiencia cuando

localmente se decide por extrapolación, sin saber que espera una irregularidad singular- que es puente con la Relatividad, pues Simultaneidad es Causalidad. La Selección Natural de las trayectorias o soluciones más inerciales en interacción limitada por la velocidad de respuesta que requiere la gestión del flujo, harán evolucionar el sistema a una distribución que preferirá las que optimicen un mejor resultado local con la información disponible en local, modificando la distribución de “lisa” a “rugosa”. La cantidad de trayectorias de igual longitud o el número de soluciones con el mismo número de pasos, en el continuo es la probabilidad de cada trayectoria o pasos para la solución, y conforman distribuciones estadísticas idénticas a las Funciones de Partición, que tienen así modos “idénticos” de definirse.

Con las leyes de la Causalidad, Conservación y Continuidad, puede describirse la evolución de un sistema determinista de pocas variables, a través de un sistema de ecuaciones diferenciales que incluya la conservación del equilibrio, la energía y su derivada. ¿Por qué parar ahí? ¿Por qué no conservar la segunda derivada, o la tercera,...? Implícitamente limitamos el paradigma de la Mecánica Estadística a 3 leyes porque asumimos distribuciones normales, que por definición tienen media fija y desviación típica variable, pero el resto de los momentos –y “cumulants”- nulos. En un modelo de distribución no normal, no son suficientes tres leyes de conservación, sino todas aquellas que describen completamente el conjunto.

La descripción matemática aproxima el comportamiento de la realidad, y en toda teoría conviene el óptimo constructual entre utilidad y coste: para un gas en equilibrio, considerando sus tres variables de estado, es suficiente con las tres leyes de la termodinámica, pues el sistema no tiene la clase de universalidad -dimensiones- que permite el caos, lo que nos permite pronosticar en el confortable entorno de la reversibilidad. A medida que el sistema gana complejidad en su dinámica, las ecuaciones diferenciales deben incorporar variables independientes si no hay equilibrio (una no puede despejarse y ser expresada como relación analítica de otras), y por tanto una ecuación diferencial más; deben incorporar más aún si la realidad presenta turbulencia, pues ello restringirá el modo de evolucionar en su continuidad, y requerirá de modelar la modificación de la continuidad; y más si el sistema presenta autoorganización alrededor de puntos críticos locales, pues aparecerán en el caos.

La restricción de tres leyes, proviene de la suficiente utilidad de una descripción determinista. En una descripción más meticulosa de la dinámica de un sistema no-lineal, turbulento, alejado del equilibrio, caótico y localmente autoordenado, las leyes deberían incluir, a parte de Causalidad y Conservación, no sólo la Conservación de la Derivada o Continuidad por unidad de superficie, sino también de la derivada de la derivada, y la derivada de la derivada de la derivada,... hasta llegar al cero o a un bucle “de variable compleja”. Si Tres Leyes nos son suficientes, es por no cumplir las condiciones para el Teorema Central y/o disponer de un sistema cuya memoria distorsiona la distribución entre los agentes, descritos por “momentos estadísticos” no nulos, dadas las condiciones excepcionales de dimensionalidad. No hay Tres Leyes, sino según sea la distribución estadística de los agentes que componen el sistema. Al considerar más tienden a aparecer comportamientos muy difíciles de modelar, como la localidad de puntos no derivables (cambio de fase laminar a turbulenta o viceversa) y exponencialidad no-lineal. La utilidad, como sucede en QM, determina el modelo: con  $n$  variables, precisaremos de un número similar de condiciones expresadas en ecuaciones diferenciales, para aspirar a alguna solución... y de mucha simetría para no liarnos con el caos... ni el espectacular crecimiento en capacidad de proceso de los ordenadores, tiene nada que hacer contra tal.

Aparentemente nada nuevo de redefinir lo definido idénticamente por modos equivalentes,... o sí, pues considerar la definición matemática de la entropía como ineficiencia en un “random walk” dependientes de la aleatoriedad en las soluciones, y la interacción como “fricción”, establece otro puente entre la física del macro y del micro mundo. Si la entropía es la ineficiencia de la

combinación ponderada por la tendenciosidad local de las trayectorias del flujo de energía respecto al camino óptimo, formalmente la media de la distribución estadística del lagrangiano de los estados energéticos; y el alejamiento del equilibrio es desviación típica. En homeostasis el sistema disipativo se mantiene con forzamiento externo del hamiltoniano, estacionario, con aporte de energía por permanecer a la misma distancia del equilibrio, siendo ello morir en la media: cuando por mucho que se exploren las trayectorias del lagrangiano, o microestados, el macroestado permanece quieto. El divergente en el espacio de fases -flujo- se mantiene aproximadamente constante, que es como decir que el operador laplaciano es nulo y el jacobiano uno.

M. Otelbaev reclama el millón por resolver Navier-Stokes. A través del invitado disipativo, que se coló en el desencuentro entre macro y micro mundos, aparentemente complicando la de por si ya mala relación, puede que consigamos hacer las paces. Boltzman unió causalmente micro y macromundo y la irreversibilidad -olvido de las condiciones iniciales- lo limita... y como en la limitación de la velocidad causal, en la limitación de los conmutadores cuánticos, la limitación de la reversibilidad es puente. Simultaneidad y Causalidad; Causalidad y Entropía; Entropía y Energía. Con paradigma asimetría rotacional-fricción-escala-conmutación, no solo podemos unificar idealizaciones y principios para buscar la Teoría del Todo, sino que la explicación de la vida nos viene incluida como corolario de la localidad: simplificación al espacio plano de geometrías más "reales". Las simulaciones ideales son de validez limitada en espacio-tiempo-escala y siempre quedan restos locales entre el modelo y la realidad, que no es eficiente -gradiente no nulo-, Entropía; no es estable -divergente no nulo-, Equilibrio; ni es lineal -rotacional no nulo-, Turbulencia.

Una película con todos los fotogramas ordenados tiene sentido, pero la narración deviene absurda conforme su entropía aumenta. ¿Somos acaso consecuencia del mayor de los absurdos? La propuesta aquí es la reformulación de las Leyes Fundamentales de la Termodinámica, para mejor hablar con otros paradigmas: Conservación, Continuidad y Causalidad. Si la condición matemática para el libre albedrío es la imperfección y el olvido de las condiciones iniciales que un dios inventara, somos el desecho de su fracaso ¿Somos olvidadas heces y la libertad nuestro hedor? La realidad no atiende a razones y sumar voluntades no nos hace mejores.

“La decisión final no existe. Se ramifica en otras” J.L. Borges.