

Entropía

Nota.

Este artículo, con todos los conceptos y ejemplos, lo escribí en el año 2005, a partir de un ensayo escrito en el año 2002. Pero, como todo docente sabrá, nuestros tiempos libres son “a cuenta gotas” y es por ello que, con las distintas revisiones, recién estuvo listo en noviembre del 2008.

Agradecimientos.

A un estimado amigo: Raúl Lerena. Por revisar el trabajo cada vez que fue necesario, por sus comentarios y sugerencias. Y sobre todo, por esos largos tiempos de café que nos hemos permitido para charlar y discutir, extensamente, los conceptos e ideas aquí presentados.

A Débora y Liliana; sus lecturas de este ensayo aportaron luz para un mejor entendimiento del mismo.

Comentario.

De un mar de ejemplos, he elegido un mínimo con el objetivo principal de ayudar a aclarar y entender los distintos conceptos e ideas que se desarrollan. Sin embargo, mediante éstos, habrá quienes se darán cuenta y tomarán conciencia de la complejidad de nuestro mundo natural; e incluso tendrán esa extraña sensación de estar preguntándose: ¿Qué estamos haciendo? ¿A qué estamos jugando? Esto también es el propósito de este artículo ya que el aprendizaje principal se estará logrando. Este aprendizaje es la manera de saber y de comprender que nos facilita lo que denominamos “pensamiento holístico”. Porque la complejidad tratada en los pocos ejemplos presentados, por más que en las mentes de algunos exista la sensación de ser de un grado elevado, es mínima respecto de la complejidad real de la naturaleza. Aún si tomáramos una pequeña porción de nuestro mundo para su estudio, sería imposible describir esta parte en su totalidad. Pero sí es posible entenderla con un pensamiento holístico. Aclaro esto porque es importante recordarlo a lo largo de toda la lectura.

Introducción.

Existe un principio de la física muy inquietante que no sólo es conocido por los físicos sino también por los biólogos, los químicos y por todos aquellos que se dedican a alguna de las ingenierías o tecnologías. En general, a este principio “*se le hace oídos sordos*” porque es muy molesto para quien crea en cualquiera de los procesos de producción y modelos económicos conocidos y puestos en práctica en el momento - con la excepción de los practicados por algunos pueblos muy poco conocidos. Sin embargo, por más que pretendamos ignorarlo, el universo en el cual vivimos se comporta así y seguirá haciéndolo aún si los gobiernos más poderosos decretaran una ley que resolviera su anulación.

Este principio es el de la *entropía*. Y si es que verdaderamente anhelamos que la vida no desaparezca dentro de un corto plazo, es de fundamental importancia que se le dé la

atención que merece, como también a tantos otros principios de la naturaleza Y esto para que el mundo natural sea un eje en el proceso de formulación de las leyes y la puesta en práctica de nuevos modelos económicos y procesos de producción.

El potencial de nuestro planeta Tierra para albergar la vida que conocemos es de unos cinco mil millones de años, es decir, hasta que el Sol se convierta en una gigante roja y luego en una enana blanca. Pero el mismo depende de un cambio de conducta por parte del hombre.

Entropía: concepto.

Cuando un vaso o florero de vidrio se cae al suelo, es un fenómeno natural y *muy probable*, que se rompa haciéndose pedazos. Sin embargo es *muy poco probable* que suceda naturalmente el proceso inverso, es decir, que los pedazos por sí solos se re - agrupen por intermedio de principios físicos, donde no intervenga el hombre, y vuelvan a formar el objeto original en su totalidad y sin resquebrajaduras. Esto es lo que en física denominamos un “proceso irreversible”. Un evento tan simple y tan cotidiano como el descrito es un principio que se da en nuestro universo. Otro de los tantos eventos cotidianos que dan cuenta de este principio es el uso de combustibles derivados del petróleo para poner a andar nuestros automóviles y un sin número de máquinas usadas en nuestros procesos de producción. Las estructuras moleculares de la nafta y del gasoil son más complejas y ordenadas que las de los productos de la combustión (monóxido de carbono, etc.) Estas moléculas resultantes, tienen un alto grado de dispersión dado por su estado gaseoso, producto de las temperaturas elevadas propias de la ignición. Es muy poco probable que éstas naturalmente se re - agrupen y vuelvan a formar aquel combustible líquido original más ordenado en lo que a estructura se refiere. Esa nafta o ese gasoil no se recuperan más después de haber sido utilizados en una combustión. Por eso el petróleo se acaba.

Entropía y energía potencial: Las Torres Gemelas.

Es necesario aclarar algunos conceptos utilizados en ciencia antes de pasar a este ejemplo.

La energía potencial que posee un cuerpo se puede considerar como energía almacenada que depende de la posición y configuración de éste en relación con cada uno de los cuerpos en un sistema determinado. Según el estado de aquel, la energía potencial se convierte en otros tipos, como energía cinética (energía que poseen los cuerpos en movimiento) o calórica. Para el caso particular que nos atañe aquí, estaremos considerando la energía potencial gravitatoria que depende de la altura que ocupa un objeto respecto del suelo.

En la naturaleza, si hay equilibrio, entonces hay estructuras - y complejas. Pero estructura no es sinónimo de estático. Además, si bien la entropía es una ley fundamental del universo, también es cierto que en éste los estados más estables son los de menor energía potencial. *Nuestro universo es económico.*

En general la obra del hombre viola *ilusoriamente* estos principios. Las “Torres Gemelas”, su derrumbe y desplome son un ejemplo ideal de esta ilusión. Estas ocupaban un estado de alta energía potencial, eran muy altas, y mantenerlas en ese estado “quasi

estático” demandaba mucha energía (mantenimiento, etc.). Sólo bastó un avión por torre, para que éstas se desplomaran.

En general, toda estructura con un alto grado de complejidad, de ordenamiento, ya sea natural o cultural, está en un estado permanente de lucha contra la corrupción, decaimiento y desplome. Para mantenerse necesita de una alta demanda de energía. Esta gran cantidad de energía utilizada para mantener estas estructuras complejas en un alto nivel de ordenamiento *contra natural*, causa desorden en otras partes del sistema y, eventualmente en el tiempo, el resultado neto es un aumento de desorden – algo muy poco económico.

Es interesante señalar, que la arquitectura piramidal de los antiguos egipcios y la de diversos pueblos americanos precolombinos, son un claro ejemplo de que ellos eran grandes observadores del mundo natural, pues cada nivel de sus estructuras se comporta como si ocupara una posición de muy baja energía potencial. Estas estructuras imitaban fenómenos tan simples de la naturaleza, como la forma en que se acumula un puñado de arena cuando se lo deja caer como un fino chorro o como se acumula la misma en un reloj de arena.

Generalización del concepto.

Una manera de generalizar este concepto es suponer que cien partículas (moléculas) de un gas cualquiera se encuentran en el sector izquierdo de una caja cerrada, muy especial, confinadas por un tabique movable que puede mantener los dos recintos separados o unirlos, sin que ninguna de las moléculas escape al exterior (figura 1.b). Estas moléculas se mueven “libremente” en ese volumen determinado en forma aleatoria; es decir, en forma desordenada o caótica, ya que tienen distintas velocidades y se mueven en distintas direcciones produciéndose constantemente choques entre ellas y contra las paredes del recipiente que las contiene y el tabique. Si elevamos el tabique (figura 1.c), las cien moléculas llenarán el doble de espacio; y, por ende, tendrán un mayor grado de libertad para moverse en forma aleatoria – el desorden aumenta.

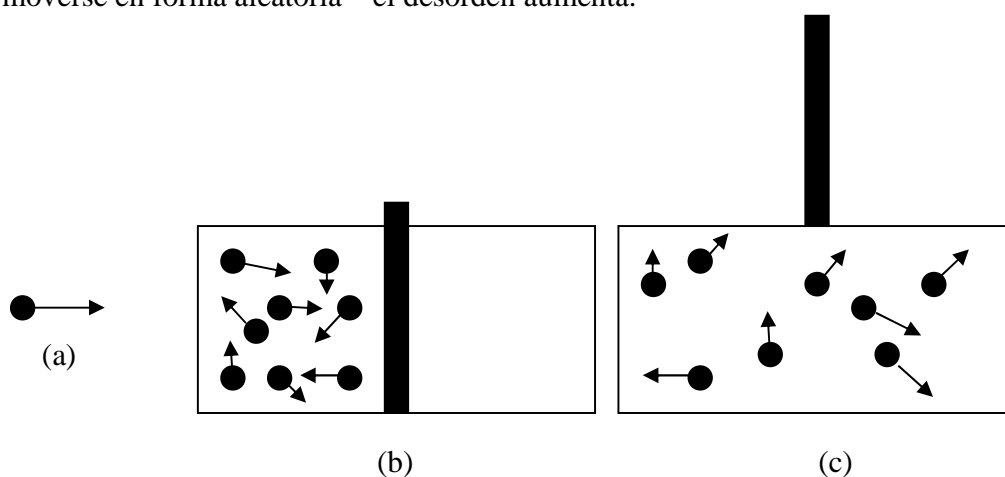


Figura 1. (a) El círculo relleno simboliza una partícula y la flecha simboliza a un vector que representa la magnitud de la velocidad de la partícula y la dirección del movimiento de la misma. Las distintas longitudes dan cuenta de distintas velocidades. (b) Condición inicial de las partículas. Éstas ocupan el volumen izquierdo

Pero es gracias a que el Universo es entrópico, que la vida es posible tal como la conocemos ahora. La diversidad biológica se debe a la entropía natural. Trataré de explicar a continuación algunas de los entramados e implicancias de este concepto.

En el campo de la física observamos y aprendemos que la homogeneidad implica la muerte de todo sistema. En los sistemas biológicos este principio también se observa y se lo interpreta como pérdida de la diversidad.

Las sociedades humanas no escapan a este principio. Esto es así porque los humanos somos seres físicos y biológicos, partes del tejido de la vida y del mundo natural. En consecuencia, estamos limitados por los principios que rigen esos campos. También nuestras culturas, sistemas sociales y económicos dependen de los sistemas físicos y biológicos. Por lo tanto, éstos pueden sufrir en sí, como sucede actualmente, de esta homogeneización o pérdida de la diversidad - que indefectiblemente implican la muerte, en todo sentido (físico, cultural, social, económico, etc.). En el mundo cultural, social y económico, a esta homogeneización o pérdida de la diversidad, la conocemos con el nombre de globalización. Ésta ha tenido y tiene un fuerte impacto en la pérdida de diversidad cultural, social y de los sistemas económicos; y, por lo tanto, de los sistemas físicos y biológicos. Ambos efectos están inseparablemente ligados.

Como en el campo de la física y la biología, la homogeneización o pérdida de la diversidad empobrecen al sistema, la globalización, sin lugar a dudas, también lo ha hecho, y nos ha empobrecido como sociedad y como seres humanos - efecto que se refleja claramente en la pérdida de identidad de los pueblos y todo lo que ello conlleva: indigencia, inestabilidad social, luchas encarnizadas, aumento de la criminalidad, etc. En síntesis, un aumento antropológico de entropía social y en el mundo natural. Y no puede ser de otra manera; porque si bien el saber está dividido en distintas disciplinas, que suelen manejarse como si fueran “estancas”, en realidad éstas impregnan todo. Es decir, podemos arribar a un mismo resultado partiendo de cualquiera de ellas.

La globalización, por ejemplo, ha homogeneizado los alimentos que consumimos. Ha reducido éstos a unos pocos cultivos principales en todo el mundo, haciéndonos muy vulnerables en diversos sentidos.

Por un lado el sistema de producción de mono – cultivo en gran escala (homogeneización), disminuye la variabilidad y diversidad de recursos alimenticios regionales y locales como consecuencia de la devastación de bosques, selvas y montes que este sistema de producción requiere. La desaparición de vastas regiones verdes es la desaparición de los ecosistemas que daban origen a una gran variedad de alimentos de los cuales el hombre sabiamente se servía sin amenazarlos. La pérdida de esos entornos significó la pérdida de todos esos alimentos *gratuitos* que el mundo natural ofrecía a todas esas familias que no sufrían de desnutrición, aunque no tuvieran dinero. Debemos tener en cuenta que la agricultura a gran escala, mediante el uso de agroquímicos y pesticidas, también contamina las aguas de los recursos hídricos produciendo la muerte de la fauna que de ellos depende y eliminando otro recurso alimenticio, también gratuito, de los pobladores de esas regiones. De un momento a otro, grupos humanos que gozaban de una buena calidad de vida se transforman en grupos humanos de indigentes. Esta nueva condición, que muchas veces irrumpe en esas comunidades, y el mal estar que genera en estos pueblos, es la causa de un sinnúmero de problemas, dentro y fuera de las fronteras donde se originan; los cuales, en el tiempo y de una manera u otra, nos afectan a todos. Así vemos cómo una

homogenización en el mundo natural, producto de la globalización, crea inestabilidad social; que es un aumento de desorden social, un aumento en la entropía social.

Por otro lado, la homogenización de alimentos hace dependientes a los países y sociedades donde la metodología se impone, haciéndolos muy vulnerables del éxito o no de las cosechas, de la especulación y de los precios del mercado. También nos hace vulnerables a nivel planetario - ¿qué sucedería si estos pocos cultivos fueran devastados por una plaga?

Es justamente el principio de la entropía el que demuestra lo que se observa en nuestro mundo actual: que la homogeneidad conlleva la muerte de todo sistema. Como hemos mencionado anteriormente, aquel nos dice que a cada momento el Universo, en su evolución, pasa de un estado de menor desorden a uno de mayor desorden. Es decir que todas las cosas están constantemente, paso a paso, adquiriendo nuevas condiciones de equilibrio – es el concepto de equilibrio dinámico y no estático. En general no se trata de cambios bruscos, pero cuando esto sucede estamos ante lo que llamamos catástrofe.

Las grandes represas de ríos de llanura.

Actualmente la actividad del hombre, como la construcción de mega – obras o la producción de ciertos insumos a gran escala, causa cambios bruscos, impactos, que se observan en el gran deterioro del Medio – Ambiente. Equívocamente la actividad del hombre consiste en “ordenar” (toda homogenización es consecuencia de algún ordenamiento). Este ordenamiento cultural imperante en la actualidad consiste en la constante creación de estructuras muy estáticas, de alto consumo energético. Por lo tanto, el orden que se crea en un lugar, crea un mayor desorden en otro – siendo la diferencia neta un aumento de este, último.

Esta idea de hacer las cosas, sin lugar a dudas, tiene mucho que ver con la falsa y errónea ilusión de “dominar” la naturaleza; como si éste, el hombre, estuviera exento de ella, como si él no fuera parte de ella y por lo tanto no va a sufrir las consecuencias de su obrar desafortunado.

Las grandes represas de ríos de llanura son un claro ejemplo de este concepto. Los ríos son sistemas altamente complejos y dinámicos que todo el tiempo, a cada instante, van adquiriendo nuevos estados de equilibrio a lo largo de sus recorridos. En general, la forma de la trayectoria que estos van creando a cada momento durante millones de años, les permite tener una región de recolección, donde no sólo se junta agua, sino que también todo tipo de sedimentos, según las características de la diversidad de suelos y la de sus composiciones a lo largo de sus recorridos. A continuación de esta región de recolección, aparece una donde todavía se observa este fenómeno, pero donde también hay deposición de sedimentos que con el tiempo afloran a la superficie como islas. El río se lleva costas altas (recolección) y deposita en costas bajas, dando origen a extensas playas. Esto es así porque sobre costas altas el río es más profundo y la profundidad hace que el flujo corra más rápido y por lo tanto tenga más energía para remover sedimentos. En cambio, sobre las costas bajas, el flujo corre a menor velocidad y por lo tanto tiene menos energía para transportar ciertos tipos de sedimentos y así es como estos acaban por asentarse en el lecho. Como de alguna forma ya se mencionó, la energía que posee todo cuerpo en movimiento, en física se la denomina *energía cinética*. La magnitud de ésta depende de la masa del mismo y de la velocidad con la que se mueve: a mayor masa o velocidad, mayor será la energía.

Por último, a la región anterior le sigue una de deposición en donde los sedimentos se acumulan, dando origen a la cantidad de islas de los bien conocidos deltas.

Estos tres estadios aquí generalizados se deben a la forma de las trayectorias de los sistemas fluviales. En el de recolección, el recorrido de un sistema fluvial es empinado; y, como consecuencia, el caudal fluye a velocidades que le dan la energía suficiente para remover y trasladar sedimentos de una gran variedad de tipos y tamaños. En la región intermedia, la curva se suaviza, el cauce se ensancha y entonces la corriente pierde velocidad; y, por lo tanto, energía como para remover y transportar ciertos tipos de sedimentos. Entonces estos se van depositando en los lechos hasta que afloran como islas o van nutriendo las playas sobre las costas bajas. Sin embargo todavía hay suficiente energía como para ir removiendo y transportando partículas menores, las cuales terminarán depositándose en los deltas donde la trayectoria del sistema se achata, haciendo que el flujo pierda más velocidad y por lo tanto energía como para remover y transportar.

Si bien describo estos tres estadios en forma simple y determinista, uno debería poder imaginar que los mismos son una gran generalización para facilitar el entendimiento. En la realidad, los límites de estos estadios no están bien definidos y cada uno de ellos es altamente complejo.

La particularidad de los diversos suelos, climas y temperaturas que recorren los distintos sistemas fluviales en el mundo, hacen a la particularidad de los sedimentos que estos transportan y depositan. Sobre todo, hacen a la particularidad de las características físico - químicas de sus caudales en sus diferentes estadios y esto hace a la particularidad de la diversidad de flora y fauna que en cada uno de ellos evoluciona y se desarrolla durante largas edades geológicas. Esos nichos son ambientes distintos para especies distintas. Es muy difícil que un surubí sobreviva en las frías aguas del Perito Moreno con sustancias en solución y suspensiones diversas. ¿Cuánto cuidado hay que tener con los peces de peceras para lograr el ambiente adecuado para que estos sobrevivan en ellas? Y si bien aún dentro de estos estadios generalizados existe una amplia diversidad en las características físico - químicas del flujo, que incluso cambia a cada momento en sus distintas regiones, estas son únicas para cada río en el mundo – no hay dos que sean idénticos. La flora y fauna en sus aguas evolucionaron de acuerdo a las características particulares de cada uno de ellos: al surubí, al pacú, etc. solo se los encuentra en algunos de los ríos del sistema del Plata. A ellos no se los encuentra en el Nilo, ni en el Rin, ni en el Mississippi; son únicos de algunos de nuestros ríos. La flora y fauna que se encuentra en sus riberas también ha evolucionado dentro de las características ambientales que ellos ofrecen; y los asentamientos humanos sobre sus veras también han evolucionado de acuerdo a lo que estos tienen que brindarles, en especial sus culturas. La música, la poesía y la literatura del Litoral argentino no son iguales a las del Mississippi, o a las del Ganges, o a las del río Amarillo. Cada sistema tiene la suya, única y particular que se diferencia de todas las otras y esto hace a la diversidad de las culturas humanas.

Las grandes represas de ríos de llanuras irrumpen en forma brusca con estos procesos evolutivos, quiebran con ese proceso continuo de pasar de un estado de equilibrio a otro, de un peldaño a otro, que da tiempo a todos los seres vivos de ese entorno a prepararse y adaptarse a las nuevas circunstancias – el nuevo estado. Y lo hacen de una manera muy simple: provocando un cambio en la velocidad natural del flujo del río.

Para aumentar la energía potencial necesaria para producir energía eléctrica, debe elevarse el nivel del agua y esto se logra construyendo diques cuyos muros tienen la finalidad de contenerla. En el embalse detrás del dique, a mayor altura, mayor es la energía

potencial del agua. Esto provoca grandes cambios en el flujo natural del río. Como es lógico, cuando estos muros contienen el caudal, lo frenan considerablemente, ya sea por el choque de éste contra ellos y porque la superficie del lago del embalse casi carece de inclinación – desaparece el paralelismo entre el flujo de agua y la inclinación del lecho del sistema fluvial. Esta disminución de la velocidad del agua es importante porque el flujo ya no tiene la misma energía cinética para desprender y transportar la variedad de sedimentos de antes. Se terminó con la rica y variada dinámica natural que se iba desarrollando paso a paso durante millones de años y se la cambió por una mucho más homogénea, pobre, que creó un gran lago de aguas muy lentas cuyas profundidades, al no ser las mismas que las del sistema natural, también provocan un cambio en las temperaturas, ya que la luz solar se va debilitando con la profundidad. Y con estos cambios se modifica repentinamente el caudal, se alteran las condiciones físico - químicas del ambiente de los seres vivos que durante millones de años evolucionaron y se desarrollaron en el mismo. Es como si a los seres humanos nos cambiaran la composición de la atmósfera y por lo tanto del aire que respiramos. Un cambio abrupto en el orden natural implica adoptar, en forma inmediata, un nuevo estado de equilibrio. En general para los seres vivos, este cambio es un fenómeno que se presenta como catástrofe.

Ahora bien, como debería ser lógico pensar, este cambio abrupto no sólo tiene consecuencias nefastas aguas arriba sino que además, el nuevo estado alcanzado por el agua y la dinámica del río aguas abajo también tiene consecuencias no deseables para la vida que allí se ha desarrollado. En pocas palabras, podríamos decir que todo lo que el río pierde aguas arriba de la represa, lo trata de recuperar aguas abajo; y, como estas pérdidas han sido inmediatas, la recuperación lo es también.

Como ya se dijo, la velocidad del flujo detrás de la represa no le permite tener la energía suficiente para transportar la misma variedad de sedimentos que llevaba cuando existía una dinámica natural. Estos sedimentos, al no poder ser acarreados, se van depositando sobre el lecho del lago artificial hasta que, con el transcurrir del tiempo, el embalse se colmata. Cuando esto sucede es que se habla de “la muerte del río”. Es por esta razón que hablamos de “vida útil” de una represa.

Los sedimentos que puede transportar el agua también juegan un papel importante en la moderación de su velocidad. El agua que sale de la represa lo hace con gran velocidad (algo que había perdido aguas arriba lo recupera aguas abajo), ya que carece de muchos de los sedimentos originales - estos se han depositado detrás del dique. Esta velocidad la dota de una energía que le permite particularmente remover sedimentos (que también los había perdido aguas arriba) en una región donde naturalmente la energía era la adecuada, tanto para que se produjera deposición como remoción. Es por ello que ahora, con el nuevo equilibrio alcanzado, se observa que ya no se forman nuevas islas como antes, que las islas que estaban desaparecen, y con ellas desaparecen su flora y fauna, como también desaparece la vida que albergaban las zonas costeras que ahora se lleva la corriente.

Resumiendo en pocas palabras, el ejemplo anterior muestra, a través de principios de la física, que en su evolución entrópica el Universo va adquiriendo constantemente nuevas formas de equilibrio y cuando este proceso continuo es bruscamente interferido, él bruscamente adoptará una nueva condición de equilibrio. El pasaje de un equilibrio a otro, para el ser humano se traducirá en una catástrofe que conlleva la muerte.

Huracanes y corrientes marinas.

Las causas y efectos del cambio climático se fundamentan en los conceptos mencionados en los párrafos anteriores. Como ejemplos, el hecho de que los huracanes sean cada vez más frecuentes e intensos, la razón por la cual corrientes marinas podrían detenerse o cambiar su recorrido y el por qué de las consecuencias que ese escenario tendría sobre la vida en el planeta.

La experiencia cotidiana nos enseña que cuando se hierve el agua o se calienta más de lo deseado, si queremos que se enfríe, apagamos la hornalla de la cocina o retiramos el recipiente que la contiene de la fuente de calor (el calor es una forma de energía y en este caso particular la fuente es el fuego). Incluso, si el recipiente está tapado, entonces lo destapamos y si afuera está más fresco, lo trasladamos para que esta se enfríe más rápido. Nunca hemos observado lo contrario, es decir, que en dicho proceso el agua se caliente aún más de lo que estaba antes de ser retirada del fuego. Ni siquiera hemos observado el proceso inverso, llevar el agua desde un lugar fresco y ponerla sobre una llama para que esta se enfríe. Por otra parte, en días calurosos, muchas veces lamentamos que una bebida inicialmente fresca se nos haya calentado por olvidarla fuera de la heladera, o en el calor del sol o porque no la bebimos con la suficiente rapidez. Tal vez, por ser estas experiencias tan cotidianas, no nos hemos percatado de que cuando dos masas están en contacto (agua – aire por ejemplo), el calor siempre se transmite desde el cuerpo más caliente hacia el más frío.

Cuando tocamos una barra metálica ubicada en un lugar fresco, la sentimos fría. Lo que en realidad sucede es que nosotros nos estamos enfriando ya que calor de nuestros cuerpos, a mayor temperatura, fluye hacia la barra que está a menor temperatura. Es por este mismo hecho que son pocas las posibilidades de que una persona, sin el equipo adecuado, sobreviva por más de diez minutos en las aguas frías de los mares de los extremos sur o norte. Las aguas de los mares en esas latitudes son mucho más frías que nuestros cuerpos y teniendo en cuenta la gran cantidad de masa que poseen, absorben calor de estos velozmente y morimos mucho antes de llegar a un equilibrio térmico con este entorno. Existen innumerables fenómenos en el mundo natural que dan cuenta de este principio, que básicamente se puede explicar diciendo que cuando dos o más sustancias, sean del mismo tipo o no, están en contacto, el calor fluye siempre desde el cuerpo más caliente hacia el más frío hasta que llegan a un estado de equilibrio térmico; es decir, cuando podemos medir en cada uno de ellos la misma temperatura. Esto significa que en ese momento el calor cesa de fluir ya que deja de haber diferencia de temperaturas entre ellos.

Por otra parte, cuando estamos en presencia de algún fenómeno donde existe transferencia de calor, también se produce transferencia o movimiento de masas; especialmente si se trata de sustancias líquidas o gaseosas. Cuando un alimento esencialmente líquido como una sopa, un café o un mate cocido hierve, observamos que las partículas en éste giran. Esto también se observa después de un momento, cuando se echan fideos en agua hirviendo. Sobre la base de estas experiencias cotidianas, podemos llevar a cabo el siguiente experimento sencillo para crear una situación controlada y jugar un poco. Si echamos en una cacerola con agua fría un pedacito de fideo o un fideo moño (preferiblemente de color), observaremos que éste se hundirá. Si se calienta el agua, cuando ésta esté hirviendo se observará que el fideo se mueve describiendo giros. Si disminuimos la llama, cuidando que el agua siga burbujeando, veremos que en algún punto la misma ya no tiene la fuerza y energía para mover a la partícula que habíamos ingresado. Esto es importante observarlo. También cuando apagamos el fuego o retiramos el agua de la llama

observamos movimiento de masa en forma de vapor. Este es el mecanismo esencial que genera las tormentas tropicales en los mares al norte del ecuador, entre ellas los huracanes (volveremos a este tema mas adelante).

Lo que sucede básicamente, en la experiencia descrita, es que el calor que transfiere la llama de la hornalla al agua de su entorno inmediato, provoca una diferencia de densidad y presión con respecto al resto del agua en el recipiente, la que está a otras temperaturas según sea el nivel y posición que ocupe en el mismo y que, por lo tanto, está a diferentes presiones y tiene diferentes densidades. El agua en el fondo del recipiente tiene menor densidad, mayor presión y mayor energía que la que se encuentra en la superficie del mismo o en otros niveles. Estas condiciones hacen que el agua más cercana al fuego se eleve y, como consecuencia, desplace al agua que está sobre ella. Este desplazamiento es principalmente hacia el fondo del recipiente, donde la misma se calentará y ascenderá, desplazando la masa de agua que ahora en contacto con la superficie se está enfriando ya que transfiere calor a la atmósfera, que está a menor temperatura. Mientras la fuente de energía (el fuego), siga encendida, este proceso continuará creando un movimiento giratorio. Las diferencias que hemos mencionado, esa diversidad en temperaturas, densidad, etc., son necesarias e imprescindibles para que haya circulación. Estos principios físicos, que se deducen de los fenómenos observados, y no al revés, son los responsables de la circulación de grandes masas de aire en nuestra atmósfera y de grandes masas de agua en nuestros mares. Estos movimientos de masas, y por lo tanto, estas leyes del mundo natural, en especial ese básico principio de transferencia de calor, dan origen al clima, del cual dependen fundamentalmente nuestra agricultura y todas nuestras fuentes de alimentos en la actualidad.

Acabar con esta diversidad de temperaturas y por lo tanto de densidades, presiones, etc., que son debidas a la entropía natural del universo, es acabar con las condiciones climáticas actuales; lo cual, sin lugar a dudas, traerá muchas consecuencias no deseadas. Es por esto que la entropía hace posible la vida como la conocemos. Una tendencia a que las diferencias de temperaturas entre el ecuador y los polos sean cada vez menores, es una tendencia a homogenizar las temperaturas actuales del planeta y esto es acabar con la diversidad de temperaturas existentes y por lo tanto con el clima de la Tierra tal como lo conocemos.

¿Cómo estamos cambiando el clima? La entropía creada por el hombre, que es producto de los desechos de su actividad y en especial de los desechos de su obra, en su afán de crear un mayor orden estático, está aumentando la temperatura promedio global. Esto hace que las marcadas diferencias desaparezcan y por lo tanto, exista una tendencia de homogenización en la misma. Como dijimos, el viento, que es aire en movimiento, se origina como resultado de las marcadas variaciones de temperaturas que existen entre las distintas regiones del planeta y de su atmósfera. Si estas diferencias son cada vez menores, entonces los vientos serán cada vez menos energéticos – habrá un proceso de renovación de la atmósfera mucho más lento.

Las corrientes marinas, de profundidad y superficiales, también son motorizadas por las diferencias de temperaturas que existen en las distintas zonas de los mares. Y en el caso de las corrientes marinas superficiales, las diferencias de temperaturas influyen doblemente en su movimiento, porque éstas, además, son motorizadas principalmente por los vientos, que a su vez, como ya mencionamos, también son generados por la diversidad térmica. Entonces, con vientos debilitados debido a condiciones más homogéneas y el mismo fenómeno repitiéndose en las aguas de los mares, llegará el día en que no habrá suficiente

energía para seguir impulsando en forma regular y continua a las aguas de los océanos. De este modo las corrientes marinas desaparecerán. Países se quedarán sin los alimentos que éstas transportan y sobre todo, tendremos un panorama climático muy diferente al que conocemos. El mismo afectará a nuestra agricultura y a todas nuestras fuentes de alimentos que son producto de un planeta diverso, no homogéneo.

Entonces, vemos cómo un universo entrópico da origen a la diversidad que es tan necesaria para la vida tal cual la conocemos; y, por lo tanto, que la entropía natural es imprescindible para la vida. Pero por otra parte, la entropía “artificialmente” creada por el hombre, homogeiniza, globaliza, haciendo desaparecer gradualmente la diversidad y, como consecuencia, trayendo la muerte de los sistemas.

Desde el estado actual del clima a ese estado final, se suceden cada vez con mayor frecuencia y se magnifican fenómenos naturales ya conocidos. Cuando el agua hierve, humea; y cuando el agua se deja enfriar, aunque no esté hirviendo, también humea. No es necesario que el agua se encuentre hirviendo para que ésta se evapore. Además, como mencionamos anteriormente, esto no se trata solamente de transferencia de calor, sino también de masa. Este es el mecanismo fundamental que da origen a los huracanes. Los huracanes siempre existieron porque son un producto de esta ley natural de transferencia de calor. Y traen aparejada una consecuencia ventajosa para el planeta pues alivian y atenúan las temperaturas extremas superficiales del mismo, condición necesaria para que la vida siga perpetuándose.

Por otra parte, también ya podríamos comenzar a hablar de huracanes provocados artificialmente por el hombre, debido al exceso de entropía que causa su actividad. Buena parte del calor que éste genera, es absorbido por el mar hasta que el mismo arriba a una temperatura límite, momento en que calor y masa son transferidos a la atmósfera, dando origen a estos meteoros. El mecanismo es muy simple: cuánto mas calor generemos, más huracanes crearemos.

Es verdad que el clima en nuestro planeta siempre ha tenido ciclos naturales de calentamientos y enfriamientos, de épocas de mayor actividad de huracanes y otras de menor. Pero también sabemos que es verdad que nuestro planeta no está formado por compartimentos estancos funcionando en total independencia. Por lo tanto, la actividad del hombre, sin lugar a dudas, tiene impacto sobre los ciclos. Este impacto puede ser menor, sin consecuencias verdaderamente adversas en el corto plazo; o puede ser importante. Debemos recordar que aún los impactos menores, si éstos son regulares en el tiempo, al final siempre traen consecuencias negativas para la vida. Nuestro planeta evolucionó por millones de años alcanzando naturalmente distintos equilibrios térmicos hasta el adecuado para los tipos de vida más primitivos. Estos, a su vez, permitieron el equilibrio térmico auspicioso para la vida humana. Y este estado se alcanzó con la ausencia de la actividad del hombre. Sin embargo, con la aparición de éste, no hubo mayores problemas mientras su actividad no fue importante. Pero evidentemente, el planeta ya no puede lidiar más por un equilibrio que favorezca plenamente la vida, debido a la envergadura de la entropía cultural actual. Las condiciones de equilibrio suelen ser muy delicadas y fáciles de romper. Toda actividad no natural siempre está perturbando ese equilibrio naturalmente alcanzado, necesario para la continuidad de la vida.

Ahora, si observamos bien, toda interferencia brusca, natural o cultural, en el proceso entrópico, es una ruptura de este continuo pasar de un estado menos desordenado a uno más desordenado. Es decir, se trata de que el desorden no siga aumentando, en otras palabras, se trata de crear orden. Pero pensar en crear orden, aunque temporalmente se lo

puede lograr, es una ilusión ficticia. El Universo *no funciona así*. Cuando su evolución entrópica es abruptamente interferida, éste indefectiblemente adoptará abruptamente una nueva condición de equilibrio. Y este pasaje, el ser humano lo verá como una catástrofe – con todo lo que ella conlleva.

Es decir entonces, que el Universo no se comporta como un estado de equilibrio estático, sino que por el contrario, éste va adquiriendo distintos estados de equilibrio a medida que evoluciona – es un proceso dinámico y fluido. Y si queremos estar en armonía con el mismo, siempre debemos tener presente este principio en todas las actividades que emprendamos.

Pero hay otra cosa que debemos tener muy presente. No es cualquier estado de equilibrio el que va adquiriendo constantemente el Universo, sino que éste adquiere aquellos a los cuales llamamos “*estados permitidos*” – realidad fundamental que da origen a la física cuántica.

El planeta de petróleo.

Una de las cosas de la que nos cuesta percatarnos cuando miramos una foto tomada desde el espacio, de nuestro planeta Tierra, es que éste es finito - tiene límites. Su forma así lo demuestra y como consecuencia de esto, la cantidad de materia que lo compone también es finita. Sin embargo, los distintos sistemas económicos imaginados, creados y puestos a prueba por el hombre, por lo menos en la práctica, no muestran que éste se haya dado cuenta realmente de este hecho; aún cuando ya numerosos países han agotado muchos de sus recursos y los poderosos salen a rapiñarlos de otros. De los distintos sistemas económicos aceptados mayoritariamente y llevados a la práctica a gran escala, pareciera que para el hombre los recursos son eternos; es decir, infinitos. Es verdad que en los cursos básicos de economía se aprende que esto no es así. Es verdad que desde hace varias décadas personas, científicos de todas las ramas del saber y no científicos con criterio y sentido común, se han dado cuenta de esto y nos vienen advirtiendo que los recursos se acaban. Y es verdad que respetando los tiempos o ritmos¹, muchas veces extremadamente lentos para nuestras ansias, de los ciclos naturales, todo recurso sería renovable. Pero la vida cotidiana nos muestra que nuestra civilización en general sabe de estas cosas, pero aún no ha tomado verdadera conciencia del hecho en cuestión. Todavía seguimos con modelos de producción tales que pareciera ser que vivimos en un planeta infinito. Y esto no es así, aún si nuestro planeta fuera hecho sólo de petróleo, *la utopía de algún hipotético empresario del ramo*.², éste algún día se acabaría; porque un planeta finito está compuesto por una cantidad finita de materia, aún si la sustancia por la cual está formado es única. Posiblemente duraría más; pero al fin y al cabo, finita.

Para graficar bien esta idea supongamos un planeta hipotético del mismo tamaño al nuestro, pero sólo de petróleo; y, por supuesto, en un universo hipotético. Esto sólo puede darse en la imaginación; el Universo tal como lo conocemos simplemente no funciona así.

¹ El asunto de los ritmos de la naturaleza dará, o debería dar, mucho que decir. Por ejemplo: la acelerada devastación de selvas y bosques, la acelerada contaminación de todo tipo de cuerpo de agua que aniquila el plancton vegetal y la escalada en el aumento de vehículos con motores a explosión, ¿no harán, en un futuro próximo, que el oxígeno libre en la atmósfera, necesario para la vida de muchos seres vivos, sea un recurso no renovable como ya ha sucedido con el recurso agua?

² Digo “hipotético” porque resultaría difícil encontrar a una persona que conociendo un planeta como el nuestro prefiera uno solo de petróleo

Para que este planeta enteramente de petróleo sea la “utopía” de ese hipotético empresario del ramo, tendríamos que aceptar también que el mismo no sea sólo de ese fluido en estado líquido. Si todo fuese de fluido líquido, también lo serían sus seres vivos. Y estos, para trasladarse de un lugar a otro, necesariamente deberían haber evolucionado en estas condiciones con una densidad algo diferente a la de su medio, para no diluirse; y con alguna forma o sistema de propulsión, como por ejemplo la de un camarón, que les permitiera moverse utilizando este mar de petróleo, el mismo planeta, como medio de desplazamiento; así como por ejemplo el aire, en el caso de nuestro planeta, es el medio de desplazamiento del sonido. Es decir, estos seres vivientes de este mundo hipotético podrían, con el transcurrir del tiempo, llegar a crear flujos o corrientes de petróleo en el interior y superficie de este mar de petróleo, creando en distintas regiones de este mundo, variaciones de densidades por el uso adecuado de calor, y utilizar estos flujos como rutas y vehículo para trasladarse con más rapidez. Pero no necesitarían de vehículo alguno creado por ellos para trasladarse que requiera de la explotación y procesamiento de este recurso. Entonces, para que exista la explotación del recurso, tenemos que suponer que en este mundo de petróleo, éste existe en distintos estados. El sólido para suelo firme, para parte de la textura de sus seres vivos y, sobre todo, para que el hipotético empresario del rubro pudiera construir vehículos que le permitan a los seres de este mundo trasladarse de manera rápida por aire, tierra y mar, utilizando como fuente de energía el estado líquido de esta sustancia.

El estado gaseoso sería una consecuencia natural de los dos estados previamente mencionados. ¿Por qué? Porque la aceptación de dos estados distintos de la materia se da si existe el calor como forma de energía, y esto es aceptable sólo en un universo entrópico.

En un universo entrópico, la energía que posee la materia en un estado de menor desorden, en este caso el combustible líquido, al ser utilizada en algún proceso natural o artificial, parte realiza una tarea³, que en física denominamos trabajo, y parte se pierde en forma de calor – energía que contribuye al aumento de desorden en la materia. *El estado original se transforma en uno más desordenado; sin vuelta atrás. El sistema material experimenta un proceso irreversible. Ese combustible ahora es materia más desordenada. Nunca más podrá ser recuperado a su estado líquido original; se gastó para siempre.* Y esto implica que aún en un planeta hipotético como el que se ha imaginado aquí sólo de petróleo, éste con el tiempo también se acabaría por tratarse de un planeta finito porque la cantidad de materia disponible también es finita. Incluso llegaría el día en que en un planeta así sus habitantes, por ser también de petróleo en distintos estados, deberían tomar la difícil pero firme decisión de abandonar el petróleo en sus distintos estados como fuente de energía; porque en el debido tiempo, ellos como seres vivos, también desaparecerían ya que si el mismo se acabara, desaparecería el material del cual ellos mismos están hechos. Esto sería así aún en el mejor de los casos, en el cual ellos, para mantenerse vivos, no necesitaran alimentarse; es decir, no tendrían necesidad de beber petróleo líquido ni de ingerirlo en su estado sólido. En caso contrario la decisión de abandonar este recurso como fuente de energía para vehículos y maquinarias, debería tomarse mucho antes. Así como nosotros tomamos las sustancias, que después serán parte de nuestro cuerpo, de algún otro ser vivo (la lechuguita, el pedazo de carne, etc.) que a su vez las tomó de otros seres vivos

³ Esta tarea puede ser, por ejemplo, hacer funcionar la maquinaria de un guinche que a su vez hará el trabajo de levantar o bajar una carga; o hacer funcionar el motor de algún vehículo que a su vez hará desplazarlo, o hacer funcionar los distintos sistemas de nuestro cuerpo para que podamos realizar todas nuestras actividades diarias.

que se descompusieron en el suelo que los nutrió o que fueron cazados, ellos también de alguna forma similar deberían obtener la sustancia que forma parte de sus cuerpos.

Si aceptáramos un mundo de petróleo solo en estado líquido con seres de distintas densidades y con la posibilidad de crear flujos o corrientes para trasladarse de manera mas rápida, la cosa no cambiaría en el concepto general: igualmente sería un universo con entropía ya que al tener la posibilidad de la existencia de distintas densidades en una misma sustancia, tenemos energía calórica que es lo que posibilita la variación de densidades y por lo tanto, el petróleo como tal, en el tiempo se acabaría y entonces desaparecerían sus seres vivos.

Nuestro mundo real es, por lejos, mucho más diverso que ese hipotético planeta todo de petróleo imaginado en estas dos situaciones. Pero esto implica que tenemos a disposición mucha menor cantidad de cada sustancia y es preciso entender que cada una hace posible la vida, porque en este planeta la misma evolucionó y evoluciona con ellas; y, por lo tanto, la sostienen. Podría ser que la vida en otros universos o en otras partes del nuestro se dé con otras condiciones o ambientes, pero la nuestra se da con las condiciones con las cuales ha evolucionado durante millones de años.

Entropía, legislación y modelo económico.

El Universo siempre está en constante evolución, en constante transformación. Este es dinámico, tiene estructuras de las más variables y diversas pero éstas no son estáticas. Lo estático no es lo natural, por el contrario, lo estático es contra – natural.

Si bien el universo es entrópico, éste siempre, por naturaleza, tiende al estado de mayor equilibrio; es decir, al de menor energía potencial posible. En otras palabras, la entropía natural, la causada por el Universo, es la mínima, la necesaria para crear la diversidad ambiental para que la vida sea posible tal como es y como la conocemos.

Los sistemas de producción del hombre y sus modelos económicos puestos en práctica son altamente entrópicos, artificialmente entrópicos, culturalmente entrópicos. En general, la obra del hombre intenta, ilusoriamente, ir contra estos principios del mundo natural. Ella es de alta energía potencial, es altamente estática y por ello mantiene una constante lucha contra el mundo natural: para mantenerla, para que permanezca, hay que sostenerla mediante la demanda de mucha energía. Esa gran demanda de energía produce mucha entropía. Esta cantidad desmedida de entropía artificial es destructiva como también es destructiva esa tendencia de crear obras y modelos económicos altamente estáticos, no sólo porque causan mayor entropía, sino que también porque la homogenización causada por lo estático es contraria a la ley natural de la diversidad y por lo tanto, sinónimo de muerte.

¿Cómo debe de ser el nuevo modelo económico a poner en práctica? No lo sé, pero el que sea, debe ser resultado del pleno conocimiento y entendimiento de los principios de nuestro universo. No los podemos evitar. Por más bonito que sea o suene en palabras un modelo, éste *no puede* anular por decreto el devenir del Universo – el mismo seguirá en acción por mas que el hombre decreta por escrito en una ley que no. El hombre no es capaz, y por eso no puede crear leyes para que conduzcan al Universo. Solo puede descubrirlas, interpretarlas correctamente o no, ponerles un nombre y aprovecharlas sabiamente sin dañar los sistemas donde estas se cumplen.

Es urgente que entendamos estas cosas y nos sentemos a dialogar por un nuevo modelo teniendo en cuenta estas cosas y sobre todo cuando hacemos leyes que regulan nuestras vidas.

Conclusión.

Si hacemos una buena actividad mental, nos daremos cuenta de que las crisis sociales que les ha tocado vivir a muchas generaciones, en especial desde los albores de la era industrial, las que nos tocan y las que nos tocarán vivir, se infieren lógicamente como la consecuencia de no prestar atención a este principio. No hay cabida para la avaricia y al mismo tiempo desear que la entropía de nuestro mundo no aumente.

Gerardo V. Dominguez