

## ORGANIZATIVIDAD Y COMPLEJIDAD

### LA EXTENSIÓN DE LA TERMODINÁMICA CLÁSICA Y DE LOS PRINCIPIOS LÓGICOS DE LA CIENCIA CLÁSICA A LA DINÁMICA DE LOS SISTEMAS ORGANIZATIVOS/COMPLEJOS O ANENTROPODINÁMICA

Andrés Trepp del Carpio [treppcen@entelnet.bo](mailto:treppcen@entelnet.bo)  
Academia Nacional de Ciencias de Bolivia <http://www.aciencias.org.bo>

#### RESUMEN EJECUTIVO

Al no haber sido concebidos hasta ahora (2021) con rigor científico conceptos genéricos de sistema complejo y de complejidad, el presente trabajo hace frente al reto de construir sobre una base armonizadora lógica-filosófica los principios y leyes que gobiernan y describen la dinámica de esos sistemas y fenómenos. La investigación aborda el problema estudiando como punto de partida la emergencia de orden en el desorden en forma de organización y trata posteriormente los temas de la auto-organización y de la relación entre organizatividad y complejidad. Para tal efecto, el estudio parte de un análisis inductivo de la estabilidad convectiva de Rayleigh-Bénard, que viene a ser un modelo manifiesto, característico y representativo del fenómeno y que permite además descubrir las condiciones generales y las características esenciales para que se produzca este proceso.

La formulación teórica tiene lugar en términos de entropía y de su contrario, la entropía negativa, a fin de generalizar el planteamiento y la explicación del problema y poder tratar flujos de diferente esencia como de energía, materia, información, capital, riqueza material, valores morales, emociones, etc., así como también estudiar sistemas de distintos tipos y ámbitos, como físicos, químicos, biológicos, sociales, psicológicos, cultural humanos, etc.

Al evidenciarse que los principios lógicos de la ciencia clásica y que las leyes de la termodinámica clásica son insuficientes para explicar la emergencia de organización en los sistemas, se concibe la necesidad de extender conceptualmente esos principios y leyes de suerte que engloben a esos sistemas y fenómenos dentro de un ámbito de validez más amplio. La teoría resultante puede ser denominada *ultratermodinámica*, ya que describe sistemas y fenómenos que están *más allá* de la termodinámica clásica, e inclusive de la ciencia clásica y viene a ser en realidad una explicación de la *dinámica de la entropía negativa* o *neguentropía*. Por ello, la teoría puede ser entendida como una *anentropodinámica* (*a-*, *an-*: *privación*, *negación*) ya que trata la evolución de los sistemas y procesos que es causada por flujos contrarios (negativos) a los entrópicos.

Se descubre que *la organización de un sistema es la emergencia, el surgimiento, la aparición de un determinado orden en un conjunto de sus elementos componentes*, los que originalmente carecen de ese orden y que en este sentido son aleatorios (o

desordenados). Se trata de un tipo de orden emergente que es *antagónico y complementario* a la aleatoriedad original que existe en la configuración microscópica del sistema, pero que se manifiesta en la configuración macroscópica en forma de estructura o de patrones que resultan de la acción de flujos entrópicos negativos externos (*extrópicos*) incidentes. Estos flujos pueden actuar en contra del incremento natural de la entropía (*anatrópicos*) o específicamente generar organización (*sintrópicos*). Son, en conjunto, cuatro las condiciones necesarias y suficientes para la organizatividad: a) la presencia de *agentes o factores condicionantes* del fenómeno y que determinen además la *interrelacionalidad* de los elementos componentes del sistema entre sí; b) la propia presencia de esa *interrelacionalidad* en términos de *cuatro variables características* de los elementos componentes: *cantidad, distinguibilidad, interconectividad e interactividad*; c) las *condiciones iniciales o circunstancias microscópicas elementales momentáneas internas* en el instante del inicio del proceso de organización; y d) la *incidencia desde el exterior* de por lo menos un flujo de *tipo anatrópico*, de un flujo de *tipo sintrópico*, o de ambos. La *auto-organización ocurre necesariamente* cuando el sistema es capaz de *inducir 'por sí mismo'* la incidencia de *entropía* desde el exterior y de generar por su efecto una organización interna; es decir, cuando tiene la capacidad de *'gastar'* a modo de una *inversión* (en el sentido económico) una parte de su propia producción de entropía para hacer posible que flujos extrópicos sean tomados e introducidos al sistema desde el exterior para ser luego absorbidos, asimilados y aprovechados organizativamente.

Se formula la *segunda ley de la ultratermodinámica* o de la *anentropodinámica*, o de la termodinámica clásica ampliada al ámbito de la organizatividad, que determina la *relación universal extrópica-entrópica* en los sistemas. Además, es también posible postular una ley adicional, la *ley de la organización, y consecuentemente de la evolución*, que atribuye a acciones sintrópicas impuestas o/y auto-provocadas la generación de exo- o/y auto-organización respectivamente, así como la consecuente, eventualmente posible, evolución organizativa de todo sistema abierto cuyos elementos componentes están sometidos a las condiciones de interrelacionalidad.

La investigación conduce a reconocer la existencia de *distintas clases de orden y de aleatoriedad* (o de *desorden*) que se distinguen entre sí según la naturaleza de los sistemas y según los tipos de interrelaciones que existen entre sus elementos componentes. Primero se examina el *orden termodinámico clásico o mecánico-estadístico* (el verdadero caos) y el *orden determinista*, y luego se identifica comparativamente entre los dos el *orden organizacional* como un orden diferente de ambos. Se concibe con propiedad el orden termodinámico clásico y son descubiertas diferentes categorías en el *orden determinista*, en especial si se trata de un *orden preceptual determinista propiamente dicho* que es dictado siempre por algún precepto causal clásico definido que incluso puede ser muy sensible a variaciones pequeñas de los valores de las condiciones iniciales del proceso y provocar un determinismo

divergente (no caos), o si se trata de un simple *ordenamiento*, que puede ser de tipo *anatrópico* o de tipo *entrópico* de los elementos componentes. Respecto al *desorden*, al ser entendido como el '*no-orden*' y definido como la negación de algo, no conviene utilizar este concepto en cuestiones rigurosas científicas ya que desde el punto de vista lógico elemental puede ser interpretado como cualquier cosa, de manera que se hace necesario definirlo por algo positivo, como son las ideas de *aleatoriedad* y de (real) *caos*. De este modo se puede distinguir entre la *aleatoriedad termodinámica clásica*, entendida como un *caos estocástico*, y una *aleatoriedad organizativa* que es reconocida como una *cuasi-aleatoriedad* o un *cuasi-caos estocástico* que está determinado por una *aleatoriedad termodinámica clásica, pero sometida, implícita o explícitamente, a agentes o factores condicionantes de la organización*. Uno de estos es por ejemplo la fuerza de la gravedad terrestre que está implícitamente presente en muchas clases de sistemas.

Los conceptos desarrollados en el trabajo permiten definir universalmente y con congruencia lógica –es decir en base a condiciones necesarias y suficientes– a un *sistema complejo básico* como un sistema compuesto, en general, de *dos partes*: de *una parte aleatoria o caótica-estocástica* y de *otra parte ordenada u organizada-emergente*, así como ubicar de manera relativa *el ámbito de la complejidad* o de la *aleatoriedad-y-orden* (caos estocástico-y-organización emergente, o bien, '*desorden*'-y-orden) entre los ámbitos de la *aleatoriedad pura* (casualidad o estocasticidad), y del *orden puro* (determinismo o preceptualidad). Adicionalmente se explica el desarrollo organizativo de los sistemas que ocurre en múltiples etapas o pasos, el que tiene lugar por procesos organizacionales fundamentales sucesivos a partir cada vez de nuevas interrelaciones y nuevas condiciones iniciales, y que define con claridad la causa de las *posibles trayectorias y bifurcaciones* que pueden seguir los procesos de evolución.

Aunque la teoría propuesta tiene en la física un sustento matemático firme en las ecuaciones diferenciales no lineales de Navier-Stokes que gobiernan el movimiento de un fluido en la estabilidad convectiva de Rayleigh-Bénard en condiciones de conservación de masa, de cantidad de movimiento y de energía, y bajo la acción de la fuerza de la gravedad terrestre, el conjunto de nociones e ideas planteadas en el presente trabajo constituye una base lógica-filosófica fundamental para forjar los fundamentos de una ciencia de la organizatividad/complejidad extrópica-entrópica que permita entender y explicar –al menos inicialmente a partir de una concepción fenomenológica– una multitud de fenómenos organizativos y complejos que no es posible entenderlos de alguna otra manera.

Así, la teoría y la ciencia de la organizatividad/complejidad juntas vienen a conformar un paradigma universal, el paradigma *ultratermodinámico*, o mejor, *anentropodinámico*, que propicia el entendimiento unívoco y libre de contradicciones del fenómeno de la emergencia de orden organizacional en la aleatoriedad

(desorden) en todos los campos donde esto ocurre. Por tanto, aquí se trata de un paradigma de tipo *haptodisciplinario*, es decir que junta, que unifica las disciplinas en virtud de que es común para todos los campos del saber en el tema específico de la emergencia de organización y de la formación de complejidad.

Por otro lado, la ultratermodinámica o anentropodinámica y los principios lógicos que la rigen obedecen al *principio de correspondencia* de la física teórica, porque pasan respectivamente a la termodinámica clásica y a los principios lógicos de la ciencia clásica cuando se les aplica la transición hacia los límites clásicos correspondientes. La teoría y la ciencia propuestas constituyen una base común para explicar y entender mejor ciertos aspectos fundamentales de la mecánica cuántica y de la relatividad, de la biología y especialmente del mundo de la experiencia cultural humana, este último en dominios tan diferentes como el social, económico, psicológico, moral, espiritual, religioso, etc. Precisamente a fin de mostrar los alcances de la manera de pensar aquí planteada, el trabajo incluye algunos ejercicios (sin tratarlos en profundidad, ya que son cada uno de ellos materia interesante de un estudio profundo, específico y detallado) aplicados a los campos de la física, biología y experiencia cultural humana. En especial, en el tema de la moral, permite explicar cómo pueden ser compatibilizadas entre sí la ciencia y la espiritualidad, así como la ciencia y la religión para al menos coexistir y concurrir.

La ultratermodinámica o anentropodinámica junto con los principios lógicos ampliados de la ciencia extienden el concepto y la visión de la física contribuyendo así a la consolidación de su unidad, la que además viene a reflejar la unidad de la naturaleza al incluir en ella los mundos humano cultural, social, espiritual y psicológico.

Finalmente, se advierte que el mundo ampliado de la física a la ultratermodinámica o anentropodinámica es el mundo de la *física compleja* que está compuesto antagónica y complementariamente por el mundo inanimado o de las físicas clásica, cuántica y relativista, y por el mundo animado o de lo vivífico, es decir por el mundo que comprende la vida y todo lo que proviene de ella.

*El presente trabajo se encuentra actualmente en prosecución (diciembre de 2022) con la ampliación de ciertos temas de interés y la revisión de algunos matices y detalles en la exposición escrita final de la investigación. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación en forma idéntica, extractada o modificada en español u otro idioma por cualquier modo de impresión, almacenamiento o transmisión en cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotográfico o fotocopiado, grabado o de otro tipo. Es preocupación de la Academia Nacional de Ciencias de Bolivia (ANCB) la vigilancia de la propiedad intelectual que otorga a sus miembros el derecho de autor sobre las obras de investigación científica y tecnológica que realizan; por tanto, recae bajo su autoridad y dominio velar por el cumplimiento de las prohibiciones impuestas en este caso. Se permite la cita expresamente autorizada por el autor y la ANCB de pasajes cortos para fines de análisis, opinión y comentario.*

## ORGANIZATIVITY AND COMPLEXITY

### THE EXTENSION OF CLASSICAL THERMODYNAMICS AND OF THE LOGICAL PRINCIPLES OF CLASSICAL SCIENCE TO THE DYNAMICS OF ORGANIZATIONAL/COMPLEX OR AN-ENTROPODYNAMIC SYSTEMS

Andrés Trepp-del-Carpio [treppcen@entelnet.bo](mailto:treppcen@entelnet.bo)  
National Academy of Sciences of Bolivia <http://www.aciencias.org.bo>

#### EXECUTIVE SUMMARY

Generic scientific rigorous concepts of complex system and complexity have not been conceived so far (2021). This work responds to the challenge of building on a harmonizing logical-philosophical basis for all fields of science, principles and laws that rule and describe the dynamics of these systems and phenomena. The research faces the problem first by studying as a starting point the emergence of order as organization within disorder and then deals with the issues of self-organization and the relationship between organizativity and complexity. For this purpose, the study starts from an inductive analysis of the Rayleigh-Bénard convective stability, which becomes a manifest, characteristic and representative model of the phenomenon and which also allows to discover the general conditions and essential characteristics for this process to take place.

The theoretical formulation takes place in terms of entropy and its opposite, negative entropy, as a means to generalize the approach and the explanation of the problem and in order to be able to treat flows of different essence such as energy, matter, information, capital, material wealth, moral values, emotions, etc., as well as to study systems of different types and areas, such as physical, chemical, biological, social, psychological, human cultural, etc.

Finding that the logical principles of classical science and the laws of classical thermodynamics are not sufficient in explaining the emergence of organization in systems, the need to conceptually extend these principles and laws is conceived so that they encompass these systems and phenomena within a broader scope of validity. The resulting theory could be denominated *ultra-thermodynamics*, since it describes systems and phenomena that are *beyond* classical thermodynamics and even classical science and actually becomes an explanation of the dynamics of *negative entropy* or *negentropy*. For this reason, the theory can be understood as *an-entropodynamics* (*a-, an-: privation, denial*) since it deals with the evolution of systems and processes that is caused by contrary (negative) flows to the entropic ones.

As it turns out, *the organization of a system is the emergence, the appearance of order in a set of its component elements, which originally lack that order and that are random (disordered) in this sense. It is a sort of emergent order that is antagonistic and*

*complementary* to the original randomness that exists in the microscopic configuration of the system, but that manifests itself in the macroscopic configuration in the form of structure or of patterns that result from the action of external incident negative entropic (*extropic*) flows. These flows can act against the natural increase in entropy (*anatropic*) or specifically generate organization (*syntropic*). There are altogether four necessary and sufficient conditions for organizativity: a) the presence of *conditioning agents or factors* of the processes and that furthermore determine the *inter-relationality* of the system component elements; b) the very presence of that *inter-relationality* in terms of four characteristic variables of the component elements: *quantity, distinctness, interconnectivity* and *interactivity*; c) the *initial conditions* or *internal elementary momentary microscopic circumstances* at the moment of the inception of the process of organization; and d) the *incidence from the outside* of at least an *anatropic type of flow*, a *syntropic type of flow*, or both. *Self-organization occurs necessarily* when the system is capable of *inducing 'by itself'* the incidence of *extropy* from the outside and to generate by its effect internal organization, i.e. when it has the ability to '*spend*' in the form of an *investment* (in the economic sense) a part of its own production of entropy to make it possible for extropic flows to be taken and introduced into the system from the outside in order to be later absorbed, assimilated and organizationally used.

The *second law of ultra-thermodynamics* or of *an-entropodynamics*, or the second law of the expanded classic thermodynamics to the scope of organizativity is formulated, which determines *the universal extropic-entropic relationship* in systems. Furthermore, it is also possible to postulate an additional law, *the law of organization*, and *consequently of evolution*, which attributes to imposed or/and self-provoked syntropic actions the generation of exo- or/and self-organization respectively, as well as the consequent, eventually possible, organizational evolution of any open system whose component elements are subject to the conditions of inter-relationality.

This research leads to recognize the existence of *different types of order and of randomness (or disorder)* that are distinguished from each other according to the nature of the systems and according to the types of inter-relationships that exist between their component elements. At first, the *classical thermodynamic or mechanical-statistical order* (the true chaos) and the *deterministic order* are examined, and then the *organizational order* is comparatively identified as a different order of both. The classic thermodynamic order is properly conceived and different categories of the *deterministic preceptual order* are found, especially if it is a *proper deterministic preceptual order* that is always dictated by some defined classical causal precept that can even be very sensitive to small variations in the values of the initial conditions of the process and cause *divergent determinism* (not chaos), or if it is a simple ordering, which can be of an *anatropic* or *entropic* type of the component elements. Regarding *disorder*, as it is understood as '*non-order*' and defined as the negation of something,

it is not convenient to use this concept in rigorous scientific questions since from the point of view of elementary logics it can be interpreted as anything, so that it is necessary to define it by something positive, such as the ideas of *randomness* and (real) *chaos*. Thus, one can distinguish between *classical thermodynamic randomness*, understood as a *stochastic chaos*, and an *organizational randomness* which is recognized as a *quasi-'disorder'* or a *quasi-stochastic-chaos* that is determined by a *classic thermodynamic randomness, but subjected*, implicitly or explicitly, to *conditioning agents or factors of organization*. One of these, for example, is the force of terrestrial gravity, which is implicitly present in many types of systems.

The developed concepts in the work allow to define universally and with logical consistency –that is on the basis of necessary and sufficient conditions– a *basic complex system* as a system composed in general terms of *two parts*: of a *disordered or chaotic-stochastic part*, and of another *ordered or organized-emergent part*; as well as to relatively locate the *field of complexity* or of *randomness-and-order* (stochastic chaos-and-emergent organization, or rather, 'disorder'-and-order) between the *fields of pure randomness* (chance or stochasticity) and of *pure order* (determinism or preceptuality). Additionally, the organizational development of systems that occurs in multiple stages or steps is explained which takes place through successive fundamental organizational processes based on new interrelations and new initial conditions, and which clearly defines the cause of a firm possible *trajectories and bifurcations* that the processes of evolution can follow.

Although the proposed theory has in physics a firm mathematical support in the nonlinear Navier-Stokes differential equations that govern the movement of a fluid in the Rayleigh-Bènard convective stability under conditions of conservation of mass, momentum and energy, and under the action of the force of terrestrial gravity, the set of notions and ideas raised in the present work constitutes a fundamental logical-philosophical base to forge the foundations of a science of organization/entropy-entropic complexity that allows understanding and explaining –at least initially from a phenomenological conception– a multitude of organizational and complex phenomena that cannot be understood in any other way.

Thus, the theory and science of organization/complexity together come to form a universal paradigm, the *ultra-thermodynamic*, or better, the *an-entropodynamic* paradigm, which fosters the unambiguous and free of contradictions understanding of the phenomenon of emergence of organizational order within randomness (disorder) in all fields where this occurs. Therefore, here it is about a type of an *haptodisciplinary* paradigm, that is to say that joins together, that unifies disciplines by virtue of the fact that it is common to all the fields of knowledge on the specific subject of the emergence of organization and the formation of complexity.

On the other hand, ultra-thermodynamics or an-entropodynamics and the logical principles that govern it obey the *correspondence principle of theoretical physics*, because they pass respectively to classical thermodynamics and to the logical principles of classical science when the transition towards the corresponding classical limits is applied. The proposed theory and science constitutes a common base to explain and better understand certain fundamental aspects of quantum mechanics and relativity, of biology and especially of the world of human cultural experience, this one in domains as different as social, economic, psychological, moral, spiritual, religious, etc. Precisely in order to show the scope of the way of thinking proposed here, the work includes some exercises (without dealing with them in depth, since each one of them is an interesting subject for a deep, specific and detailed study) applied to the fields of physics, biology and human culture. In particular, on the issue of morals, it allows explaining how science and spirituality, as well as how science and religion, can be made compatible each other in order to at least coexist and concur.

Ultra-thermodynamics or an-entropodynamics together with the broadened principles of science extend the concept and vision of physics contributing thereby to the consolidation of its unity, which furthermore comes to reflect the unity of nature by including in it the human cultural, social, spiritual and psychological worlds.

Finally, it is noticed that the extended world of physics to ultra-thermodynamics or an-entropodynamics is the world of *complex physics* which is antagonistic and complementarily composed by the inanimate world or of classical, quantum and relativistic physics, and by the animated world, that is by the world that comprise life and everything that comes from it.

*This work is currently in progress (December 2022) with the extension of certain topics of interest and the review of some nuances and details in the final written presentation of the research. The total or partial reproduction of this publication in an identical, extracted or modified form in Spanish or another language by any means of printing, storage or transmission in any medium, whether electronic, mechanical, photographic or photocopied, recorded or otherwise, is prohibited. The Bolivian National Academy of Sciences (ANCB) is concerned with the surveillance of the intellectual property that grants its members copyright over the scientific and technological research works they carry out; therefore, it falls under his authority and domain to watch over compliance with the prohibitions imposed in this case. Quotation expressly authorized by the author and the ANCB of short passages is allowed for analysis, opinion and comment purposes.*