

PENSAMIENTO E INSTRUMENTALIZACIÓN DE LA COMPLEJIDAD UNIVERSITARIA EN EL MUNDO VUCA

Thought and Instrumentalization of University Complexity in the VUCA World

Cristian Julián Díaz Álvarez¹, Ana Laura Montero Ocampo² y Dainiz Noray Montoya García³

¹Vicerrector Académico, de Investigación y Proyección Social, Corporación Universitaria del Meta - UNIMETA, Villavicencio, Colombia. cristian.diaz@unimeta.edu.co · ORCID: 0000-0002-4212-4947

²Investigadora en Estudios Territoriales, Universidad Autónoma de Tlaxcala, México. yaowitsilin@gmail.com · ORCID: 0009-0006-8743-6668

³Profesora de la Escuela Superior de Ingeniería e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional, México. dmontoyag83@gmail.com · ORCID: 0000-0002-9432-3155

RESUMEN

La complejidad regularmente es confundida con la complicación que se presenta al momento de resolver un problema, suplir una necesidad o formular y alcanzar un reto. Su uso, como palabra y concepto, tiende a ser indiscriminado para justificar alcances inconclusos en proyectos, investigaciones e intervenciones desde las ciencias y las profesiones; o en casos radicales como prohibición al enfrentar lo desconocido, lo indeterminado y lo intangible. Ambas posturas son equivocadas para obrar en un mundo tejido por condiciones de estado volátiles (V), eventos inciertos (U), realidades complejas (C) y comportamientos ambiguos (A). Escenarios VUCA, por sus siglas en inglés, que exigen a las instituciones de educación superior tanto de un pensamiento y una cosmovisión, como de ciencias, métodos y herramientas para evitar el colapso en el siglo XXI.

Palabras clave: no linealidad, sistemas complejos, disipación, condiciones iniciales, no equilibrio.

ABSTRACT

Complexity is often misunderstood with complicated phenomena that occur in problem solving, needs processes meeting, goals formulating or challenges conquering. Its use, as a word and concept, tends to be indiscriminate to justify unfinished achievements in projects, investigations, and interventions from the sciences, professions, and organizations; or in extreme cases, as prohibition to face the unknown, the indetermination, and the intangible world. Both positions do not work to operate in systems driven by volatility (V), uncertain events (U), complex realities (C), and ambiguous behaviors (A). VUCA scenarios actually demands to universities both a worldview thought, as well as science, methods, and tools to avoid the collapse in the XXI century.

Keywords: nonlinearity, complex systems, dissipation, initial conditions, nonequilibrium.



1. INTRODUCCIÓN

Para muchos gestores y empresarios académicos la ideal organización es viable y perdurable si y sólo si está ordenada y estratificada jerárquicamente, con relaciones internas y externas regidas por procesos y procedimientos sujetos de control (Montoya, 2016). Visión mecanicista de dominio e inspección que, validado con sellos de calidad, certificaciones, acreditaciones y un robusto análisis estadístico de las cifras, brinda seguridad razonable y credibilidad a todo actor¹ interno o externo (Luna, 2013; Mejías-Guevara, 2022; Oakland & Oakland, 2018; Schmidt, Tennina & Obiol, 2018).

Contexto con la cual se inhibe el sentimiento de duda para enfrentar lo desconocido, lo incierto y los cambios no previstos en las dimensiones económica, política, social y ambiental; y que tiende a satanizar las anomalías, al consideradas como desviaciones contra natura respecto al normal, regular y previsible comportamiento del sistema (Zamani & Hasheminejad, 2019).

Lamentablemente, para la administración universitaria, los abruptos cambios aumentan en frecuencia, intensidad y duración por causa del incremento de entropía, convirtiendo los procesos de calidad en rutinas de búsqueda y destrucción de volatilidades, incertidumbres, complejidades y ambigüedades. Procesos que

terminan por constriñen la creatividad y la innovación en la organización.

De tal forma que el mundo Vulnerable, Incierto, Complejo y Ambiguo - VUCA (por sus siglas en inglés), en el cual la organización del siglo XXI debe coexistir, presenta retos cognitivos, organizacionales y de liderazgo difíciles de asumir por causa de la inercia y las tradiciones (Kok & Van Den, 2019; Van Tuldey & Van Mil, 2022). Nueva normalidad que consume tiempo, recursos y trabajo para la actualización de las políticas, reglamentos, procesos y procedimientos existentes; desgastando así a la organización por el continuo cambio y la rápida obsolescencia de las modificaciones y mejoras alcanzadas (Herald et al., 2009; Pobiak et al., 2014).

Pareciera entonces que las recurrentes anomalías han puesto en un crisol al determinismo² de la administración académica, puesto que los acontecimientos no corresponden a las predicciones generadas por los departamentos de planeación; ni atienden lógicas lineales en la expectativa de las condiciones iniciales con las cuales se diseñaron las ofertas académicas o se formularon los planes de desarrollo institucional, de investigación, de extensión o internacionalización, entre otros. No linealidad que provoca juicios parciales y unidimensionales de la realidad que, a su vez, exacerban asimetrías y distorsiones (Díaz-Álvarez & Montero, 2019; Moreno & Osorio, 2017).

¹ Como, por ejemplo: los miembros fundadores, propietarios, directivos, trabajadores, inversores, clientes o usuarios,

² Recordemos que el determinismo es una teoría que supone que los fenómenos y hechos suceden por relaciones causales.

Sin embargo, se debe ser claro en algo: el determinismo no es el problema ¡en absoluto! Se requiere para obrar en el mundo formalizado y matematizado. El asunto está en que no logra explicar ni dar respuesta efectiva a fenómenos que ocurren en cierto tipo de sistemas: en los sistemas complejos. Siendo la universidad, las unidades académicas, el currículo y los espacios formativos excelentes exponentes.

2. SISTEMAS COMPLEJOS E IRRESOLUCIÓN

Si bien Von Bertalanffy (2006) acuñó la definición de sistema como un conjunto de elementos, redes de comunicación e información en interacción, que cumplen una función determinada dentro de unos límites termodinámicos; en la naturaleza y en la antroposfera existen sistemas con elementos heterogéneos, relacionados de manera intrincada y dispuestos en múltiples niveles de organización, con dinámicas propias pero interactuantes entre sí, altamente sensibles a su historia, condiciones iniciales y contorno, que evolucionan y se adaptan por causa de reorganizaciones sucesivas (Díaz-Álvarez & Montero, 2019).

Conjuntos que presentan horizontes predictivos muy cortos, definidos por la no linealidad, la inercia y el efecto mariposa. Y que, en la irreversibilidad de sus procesos, mantienen estados pseudo estables en condiciones alejadas del

equilibrio por causa del intercambio de materia, energía e información con el ambiente; donde el caos es el resultado natural del desenvolvimiento y la ruptura simétrica del tiempo; (Ciurana, 2007; Cilliers, 2012; De Regules, 2016; Díaz 2020; García, 2006; Morin, 1999).

Sistemas que, al realizárseles un análisis fragmentado de sus elementos y con la tradicional lógica proposicional *P entonces Q*, terminan siendo irresolutos. Razón por la cual su estudio y aproximación requiere de métodos interdisciplinarios de trabajo, y sobre todo, en contextos organizacionales donde se valore la divergencia, la hipótesis nula y el disenso (Díaz-Álvarez & Montero, 2019; García, 2006). Así son los sistemas complejos.

Sin embargo, es importante aclarar que, al ser intervenidos y codificados por un directivo, gestor, oficina de planeación o consultor para alinear un modelo de gestión, plan de desarrollo o plan de acción, regularmente son subestimados por mera limitación cognitiva e inferencial; suprimiendo así el número de posibilidades que afloran por su continua evolución. Además, por la subjetividad inherente del observador, quien identifica e interpreta los hechos desde su experiencia, sesgos culturales, políticos, históricos y, sus valores éticos y morales (Cilliers, 2005; Gil Atanacio et al, 2021; Ladyman, Lambert & Wiesner, 2013).

Por tal motivo, para alcanzar mundos posibles en la Academia³ que permitan la supervivencia en el mundo VUCA, es menester que en los famosos procesos PHVA se asegure -al menos- el concurso de los cuerpos colegiados y de los claustros de estudiantes y docentes; así mismo, que se restrinja el dominio absoluto del determinismo (De Sousa Santos, 2010).

3. PENSAR DIFERENTE PARA LOS SISTEMAS COMPLEJOS

[...] Porque inseguros son los pensamientos de los mortales,

y nuestros cálculos muy aventurados.

Pues el cuerpo corruptible agrava el alma,

y la morada terrestre oprime la mente pensativa

[...]

Sabiduría 9: 14-16 (BAC, 1965)

Pensar un sistema complejo es reconocer la esencia de un mundo inconcebible, no sólo por

³ Esta situación se convierte en una oportunidad para que, desde la investigación y la extensión, se avance en el esclarecimiento de la teoría de la complejidad y su aplicabilidad en entornos académicos; así como para la verificación de herramientas científicas que ayuden en su validación y contraste; toda vez que la complejidad concierne a los fundamentos metodológicos de la práctica científica en todos los dominios y campos de conocimiento. También a la sociedad, a la ética y a la política; siendo un problema de pensamiento y de paradigma que atañe a la epistemología general (Byrne & Callaghan, 2013, p57; Morin, Ciurana & Motta 2006, p65).

el Principio de Incertidumbre cuando el *Homo Complexus* ensambla las ideas en su cerebro y consolida un modelo mental útil para comprender, interpretar e intervenir la realidad, sino por causa de la subjetividad del Ser con el fenómeno que estudia (Alhadeff-Jones, 2009; Harris, 2005, p10; Levovic, 2021; Morin, 1999, p145; Predborska, 2013a), como se mencionó anteriormente.

Al quedar en claro sólo es posible una percepción relativa del mundo⁴, la humildad académica conllevaría a sólo poder afirmar los significados de verdad y realidad desde la complejidad, no la verdad y la realidad en sí mismas (Giussani, 2012; Morin Et al, 2006). Lamentablemente, la arrogancia predominante provoca que, en la operación diaria de las universidades, los tomadores de decisión prefieran obrar desde la verticalidad, y en ocasiones, al pálpito.

Ante semejante inquietud sobre el éxito de la gestión académica, la Complejidad aún genera temor y rechazo. Principalmente, porque no todos los estilos de gestión reconocen la importancia de la comunicación, el trabajo colaborativo y la habilitación de espacios de reflexión, crítica y servicio entre las ciencias, las profesiones, los saberes y la experiencia de los legos para develar mundos posibles (UMMR Edgar

⁴ La percepción del mundo en función del observador es perfectamente representada en las obras de Maurits Cornelis Escher y René Magritte: Torre de Babel (1928), Naturaleza Muerta y Calle (1937), Orden y Caos (1950), Casa de Escaleras (1951) del primer autor; y *Le Viol* (1934), *The Blank Signature* (1965) y *Décalcomanie* (1966) del segundo, demuestran contundentemente la relatividad existente entre la realidad y las posibilidades desde el observador; así mismo, la dicotomía de los mundos posibles.



Fotografía: David Brown (Bajo Licencia Pexels)

Morin, 2025). Así mismo, porque aún persiste el totalitarismo y la micro gestión, que castran las iniciativas desde la base y el afloramiento de propiedades emergentes; reduciendo así la posibilidad de consolidación de modelos mentales hologramáticos y colectivos (Díaz & Pulecio, 2016; Morin & Delgado, 2017; Predborska, 2013b).

Por lo anterior, el afloramiento de la Complejidad Generalizada -como también se le denomina- es favorable para una organización, toda vez que complementa los dominios disciplinares en la predicción de fenómenos completamente insospechados para el actual modelo determinista; integrando globalmente las heterogéneas dimensiones humanas, promoviendo una mejor comprensión del todo, sus partes y emergencias y; prometiendo una mayor probabilidad de éxito en la solución de los actuales y futuros problemas de un mundo al borde del apocalipsis (Colina, 2020; Juárez & Comboni, 2012; Maldonado, 1999; Mecklin, 2023; Morin, 2006; Morin, Ciurana & Mota, 2006).

Sin embargo, no todo es perfecto, ya que existen restricciones, limitaciones y ambigüedades en la cognición; evidenciadas por Carlos Reynoso (2007), Alhdeff-Jones (2009), Carlos Maldonado (2009, p3) y el mismo Edgar Edgar Morin y colaboradores (2006, p68): el primero⁵ acusa

5 Carlos Reynoso, a principios de siglo consideraba la complejidad como un efecto de la forma como se aborda un sistema objeto de estudio bajo el influjo de un modelo, no una propiedad ontológica intrínseca del sistema que se analiza,

el excesivo carácter discursivo y la falta de un método científico formal; el segundo advierte la excesiva relativización de las ideas, constructos y productos académicos bajo el amparo de la irresolución del mundo; el tercero discute sobre su real aplicabilidad; y el propio autor francés reconoce el efecto sombra cuando el conocimiento ilumina.

A estas dudas se le suma el galimatías de llevar el pensamiento a la práctica para actuar en un sistema complejo, toda vez que es necesaria su demarcación, la matematización de sus relaciones y la instrumentalización de sus elementos (Rodríguez Zoya, 2014; Vigure, 2018). Este es el Talón de Aquiles de aquel que piensa la complejidad, al que se le denomina la *Paradoja de la Instrumentalización del Pensamiento Complejo*.

Como era de esperarse, esta paradoja revela a doctos y legos que el conocimiento definitivo y total del mundo es un límite matemático al que nunca se llegará; esto en virtud de la embebida e intrincada forma como los sistemas naturales, cognitivos y el mundo construido se relacionan, al continuo incremento del desorden y, por consiguiente, a los sucesivos cambios de estado (Margalef, 1986, p128; Prigogine, 1986). Alteración que es difícil seguir, conocer, predecir o determinar a través de la ventana finita de tiempo y espacio de nuestra existencia⁶.

6 Más no imposible como colectivo si se considera la capacidad del cerebro humano: 500 a 1000 billones de conexiones sinápticas en una red biológica reticular de aproximadamente 160000 km de fibras nerviosas, cuyos impulsos producen ondas cerebrales que oscilan entre los 0,1 y 30 Hz, serían suficientes para pensar de manera compleja. Una

4. LA «OPERACIONALIZACIÓN» DE LA COMPLEJIDAD

Como se mencionó anteriormente, la aplicación del pensamiento complejo en la atareada realidad de las personas y colectivos que actúan en un entorno universitario VUCA provoca su instrumentalización con métodos, técnicas y procedimientos para lograr la síntesis necesaria en la toma de decisiones (Downey, 2018; Lara-Rosano, 2016; Luengo-González, 2017); dimensión que se denomina Complejidad Restringida (Rodríguez y Aguirre, 2011).

Al alejarse del discurso, ésta reconoce la importancia de la interdisciplinariedad en la definición de los distintos niveles de abstracción susceptibles de ser matematizados; de tal manera que permite -con cierta precisión- medir, comprender y analizar comportamientos, simular y hacer prospectiva sobre los fenómenos, intervenir en condiciones de no linealidad y el caos⁷, e identificar reglas sobre patrones de actuación

actividad cerebral que a nivel molecular involucra el paso de iones a través de pequeños y separados canales entre las membranas celulares de las neuronas; permitiendo así el establecimiento de una memoria operativa y funcional para uso inmediato; y tras unos segundos como memoria de largo plazo (Alkon, 1994; Foer, 2011 Foer y Steber, 2007, p6; Foer, 201; Llinás, 2013; Restak, 1994 y Zimmer, 2014, p6).

7 Illya Prigogine (1997) lo definió como trayectorias y salidas de puntos tan cercanos como se quiera en el espacio de fases, que se alejan los unos de los otros en el curso del tiempo de manera exponencial. Condición que no debe asemejarse con los comportamientos periódicos y erráticos que ocurren en sistemas deterministas.

(Anderson, 1999; Axelrod, 2004; Díaz, 2014; Maldonado, 2007).

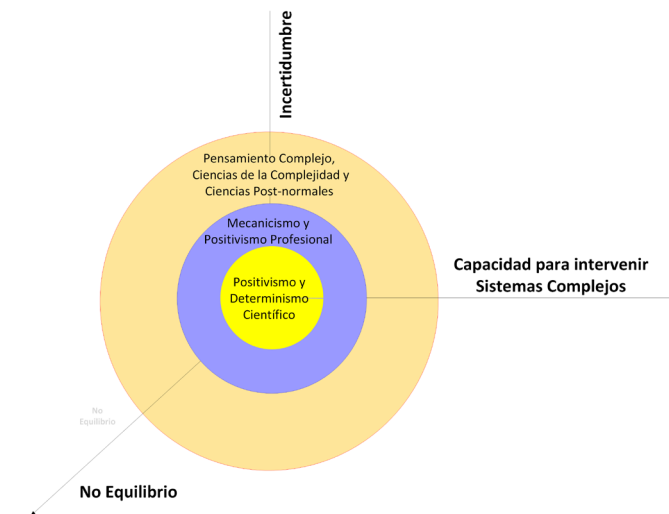
Entre éstas se encuentran la Termodinámica del No Equilibrio (Prigogine, 1962), la Teoría de las Catástrofes (Thom, 1990), la Geometría Fractal de la Naturaleza (Mandelbrot, 1997), la Ciencia del Caos (Lorenz, 2000; Ruelle, 1995), los modelos basados en agentes y demás algoritmos inferenciales (Gilbert y Troitzsen, 1999), las lógicas no clásicas (Palau, 2002), la Ciencia de Redes (Barabasi, 2008; Strogatz, 2003), las Redes Complejas (Aldana, 2006), la Ciencia de la Cognición (Favela, 2020), los modelos para la defensa nacional (DARPA, 2018) y las Ciencias Post Normales, como la economía ecológica, la ecología política y la ecoteología (Funtowicz & Ravetz, 2018; Díaz & Montero, 2019).

Ciencias⁸ que, desde distintos constructos teóricos, la analítica de datos, la experimentación, la matemática, la estadística, la programación y la valoración multicriterio de pares y no pares, buscan mejorar los procesos de participación en la toma de decisiones y en la construcción de políticas públicas y las decisiones de futuros

8 Si bien existe una necesaria complementariedad entre éstas y el Pensamiento Complejo (Díaz y Montero, 2019), posiblemente la principal diferencia entre ambas dimensiones es que la Complejidad General reconoce que los sistemas complejos se encuentran alejados del equilibrio, y no pretende ejercer control estricto sobre los fenómenos que se suscitan en su interior con servomecanismo o lazos; algo que si intentan algunas Ciencias de la Complejidad (Askari, 2020; Kabulov et al., 2020; Kuchling et al., 2020).

(Funtowicz & Ravetz, 2003; Mesa, 2024; Ravetz, 2006) (Figura 1).

Figura 1. Coexistencia entre el positivismo y el determinismo científico, el mecanicismo profesional, el pensamiento complejo, las ciencias de la complejidad y las ciencias posnormales, y su alcance para atender los sistemas complejos



Fuente: elaboración propia con información de Aldana (2006), Arnold (1981), Barabási (2008), DARPA (2018), Funtowicz y Ravetz (2018), Gilbert y Troitzsch (1999), Lorenz (2000), Mandelbrot (1997), Maldonado (2009), Palau (2002), Prigogine (1962), Strogatz (2003) y Thom (1990).

Ahora bien, aunque se ha recomendado su uso para resolver problemas complejos desde finales del siglo XX (Anderson, 1999; Axelrod y Cohen, 1999; Maani, 2017; Kertész & Wachs, 2021; Kogetsidis, 2023), es menester advertir que, debido a la *Paradoja de la Instrumentalización*, estas ciencias no logran el holismo necesario que enuncia el pensamiento complejo, tampoco asimilan totalmente su lenguaje y enfo-

que, y aún olvidan -en algunos casos- aspectos importantes en la gobernanza de los problemas sociales y de la democracia deliberativa y participativa (Wesselink & Hope, 2011).

Por tal motivo, previa validación de los métodos y modelos, es recomendable aplicar el Principio de Precaución⁹ para no forzar la existencia de propiedades, emergencias y pseudo anomalías en el sistema universitario. Así mismo, evitar imposturas intelectuales que pueden desprestigiar a la institución, algo advertido por Sokal & Bricmont (1997) hace un cuarto de siglo.

5. LA TRAMPA DE PENSAR EXCESIVAMENTE EN EL CONTROL Y LA NECESIDAD DE UN EQUILIBRIO

Para hablar de control en sistemas complejos, es necesario remitirse a la principal ciencia de la complejidad: la Termodinámica (Prigogine, 1977), y por supuesto, enunciar el axioma de la Segunda Ley: la entropía; ya que el “temido” desorden que experimenta una organización puede definirse como una relación entre la máxima entropía alcanzable y la entropía existente (Ecuación 1).

⁹ El principio de precaución se caracteriza por tres cuestiones: 1) la incertidumbre ante la falta de conocimiento, de información del fenómeno; 2) el riesgo de daño o de efectos en el sistema o fenómeno; y 3) el grado de éstos (Cafferatta, 2004).

$$\text{Desorden} = \frac{\text{Entropía presente}}{\text{Entropía máxima alcanzable}} \quad (1)$$

Por lo tanto, Desorden $\in$ (0;1).

Al ser la entropía una propiedad extensiva¹⁰, esta ecuación determina que el desorden tiende a exacerbarse cuando un sistema utiliza gran cantidad de masa, energía e información para mantenerse en funcionamiento. Así mismo, evidencia que, para conservar un desorden bajo, el sistema complejo tendría que expandirse, ocupando una mayor cantidad de espacio. Por tal motivo, el peor escenario para un sistema es que sea ineficiente en la gestión de los recursos, que sea administrado de manera rígida y que tienda a la contracción.

Por lo anterior, al considerar la ilusión de control total por parte de los líderes académicos, tomadores de decisión y jefes de planeación o control interno que operan en el determinismo y la causalidad, es menester advertir - desde la complejidad- que éste es vana ilusión al igual que el anhelo de alcanzar el equilibrio, así se castigue severamente las anomalías.

Ante el reducido gobierno y baja predictibilidad que tienen los sistemas complejos, la tensión que provoca la palabra desorden junto con su generación y disipación, provoca una oscilación inevitable a medida que el sistema evoluciona (Landsberg, 1986). Tensión que obliga la reorganización continua del sistema para enfrentar

¹⁰ Una propiedad extensiva es aquella que depende de la materia.

todos los procesos de desintegración que lo acechan (Morin, 1999, p126).

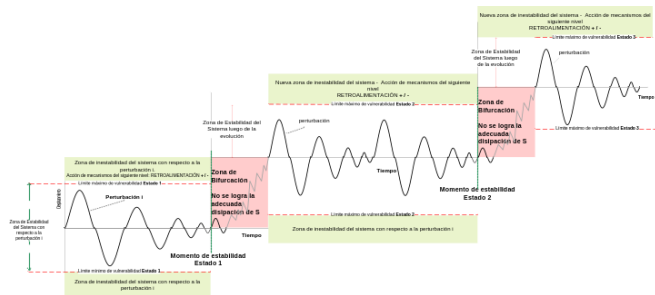
Para lograr este cometido, las universidades cuentan con unidades administrativas de comando y control que supervisan la operación y promueven, desde el punto de vista termodinámico, estados pseudo estables lejos del equilibrio, al ajustar sus parámetros en variables de referencia¹¹ cuando se presenta alguna perturbación o cuando -por alguna razón- el sistema no se encuentra en su estado inicial (Figura 3). Es decir, cuando la operación universitaria no corresponde a lo enunciado en su proyecto educativo institucional o cuando los reglamentos y procedimientos no se cumplen.

Estas unidades administrativas, junto con cada elemento del sistema y sus relaciones, consolidan su homeostasis y modifican sus grados de libertad¹² (Campbell, 1982, Roughgarden, 1998, p126) mediante procesos administrativos de servo control que, en algunos casos, terminan por agotar y ahuyentar al académico, convirtiéndolo -si permanece en la institucionalidad determinista y causal- en un burócrata.

¹¹ El set point es el valor de referencia que se define para una variable controlada, y que es definida por la actuación en una variable de entrada (Smith y Corripio, 1997).

¹² Es decir, sin reducir el número mínimos de variables independientes a partir de las cuales otras pueden ser conjeturadas.

Figura 2. Oscilación y estados futuros de un sistema complejo ante las perturbaciones



Fuente: elaboración propia con información de Díaz-Álvarez (2020) y Prigogine (1997, 2008).

Este problema se exagera en el estado transitorio o inestable¹³, que regularmente ocurre cuando se supera la homeostasis por causa de una fuerte perturbación, o cuando se debilitan los mecanismos de retroalimentación. Perturbaciones provenientes de las amenazas identificadas en los famosos análisis DOFA o, del interior por causa de las debilidades. Así las cosas, si se insiste en que un sistema complejo tenga una condición inmutable¹⁴ y sin cambio en el equilibrio¹⁵, es menester prever y prepararse para la su muerte termodinámica. ¡Otra paradoja!

13 Estado en el que alguna de las variables o flujos cambian su valor con el tiempo en un punto fijo, o cuando los productos que se forman se encuentran en lo máximo de la curva de energía (Gooding, 1997:89; Kern, 1982: 26; Levenspiel, 1981:20).

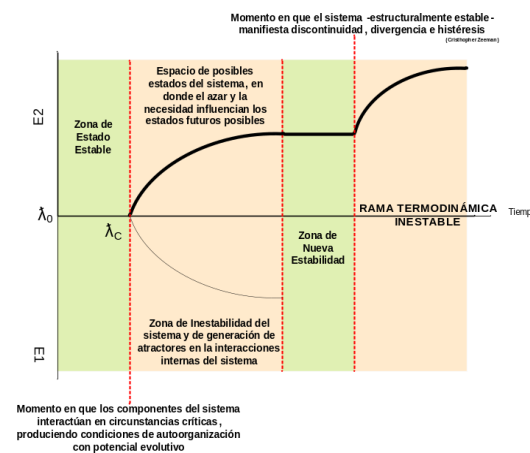
14 Para un sistema cerrado esta discusión no tendría asidero, ya que su representación en volúmenes de control sin flujos de energía, energía e información desde y hacia los alrededores evidencia que sólo percibe entornos inmediatos y en el que no se distinguen futuro y pasado (Maldonado, 2005, p 23).

15 La física define el equilibrio como el estado de un cuerpo cuando la suma de todas las fuerzas y momentos que actúan sobre éste se contrarrestan (Verma, 1992); mientras que la química lo asocia a sistemas donde se presentan reacciones opuestas con igual velocidad de ocurrencia, definiendo así una constante (Ke) que depende de la concentra-

Por tal motivo, es recomendable gestionar sistemas complejos desde el concepto de pseudo estabilidad¹⁶. Estado infinitesimal en el que los valores de los indicadores claves de desempeño - KPI's (por sus siglas en inglés), índices y cuadros de mando integral, no sufren modificación significativa; considerándose casi constantes (Gooding, 1997:89; Kern, 1982: 26; Levenspiel, 1981:20).

Es decir, el resultado final del excesivo control institucional, más allá del desgaste, es la parálisis del sistema o su oscilación hacia rupturas de simetría y bifurcaciones, las cuales provocan cambios de estado (Figura 4). Algunos catástrofes y otros desconocidos (Prigogine, 1977).

Figura 3. Detalle de la bifurcación tipo horquilla según Ilya Prigogine



ción de las sustancias químicas existentes en el medio (Brown y LeMay y Bursten, 1991, p 583).

16 Estad en el que las velocidades de cambio de las variables tenderían a ser nulas y sin error apreciable (Gooding, 1997:89; Kern, 1982: 26; Levenspiel, 1981:20).

Nota. En condiciones de no equilibrio en las fluctuaciones son esenciales a los puntos de bifurcación, en los cuales el sistema --de manera probabilística- privilegia una de las posibles soluciones ante la continua perturbación (Prigogine, 1997). Tomando como símil la bifurcación en horquilla --expuesta por la Escuela del Premio Nobel- la distancia respecto al equilibrio, definida por el parámetro λ , brindaría una condición de estado pseudo estable en el espacio comprendido entre $\lambda=0$ hasta $\lambda= \lambda_c$. Más allá de este punto, el sistema se tornaría inestable, para lo cual se presentaría un par simétrico de soluciones pseudo estables nuevas; proceso que se verificará cada vez que las perturbaciones excedan la homeostasis existente.

Fuente: elaboración propia con información de Díaz-Álvarez (2020) y Prigogine (1997, 2008).

Por todo lo anterior, aquel que desee gestionar sistemas complejos, debe reconocer la infalibilidad de las leyes y principios naturales, además de su subordinación; toda vez que su mera existencia lo hace cambiar continuamente, tendiéndolo hacia estados transitorios; pero continuamente contrarrestado hacia la estabilidad gracias a la disipación de entropía, a las realimentaciones de los lazos de control y a la estructura organizacional.

6. CONSIDERACIONES FINALES

*[...] A los dioses les gusta la carne blanca,
no las contradicciones ni los reparos,
no las quejas ni las paradojas [...]
A los dioses les gusta la sustancia muelle.*

Rafael Courtoisie (2008)

La indeterminación de la Complejidad General y su instrumentalización en la Complejidad Restricta, con las consideraciones anteriormente mencionadas, conllevarían a que los hacedores de política, tomadores de decisión, gestores y puristas académicos pongan en duda la valía de la investigación en torno a los sistemas complejos; propiamente en lo fútil de su intervención y las dificultades de predicción de sus comportamientos en el corto plazo. También, debido al riesgo de armar nudos gordianos tipo “sí, pero no” que sólo podrán ser desatados o cortados por un Alejandro Magno de la ciencia (Díaz-Álvarez y Montero, 2019).

Sin embargo, estas dudas se resuelven al verificar que la complejidad, aparte de lo alcanzado en la Ingeniería, las ciencias básicas y las humanidades, ha permeado progresivamente las ciencias de la salud (Benning, 2022; Mills et al., 2019), la economía (Hidalgo, 2021; Saviotti, 2023), la administración (Freund et al., 2021; Mosheni et al., 2019), la contaduría (Aleksovska et al., 2019) entre otras; verificando su “utilidad” epistemológica y ontológica para intervenir sistemas complejos; tal como lo habían predicho Anderson (1999) y Axelrod y Cohen (1999) un cuarto de siglo atrás.

Ahora bien, aunque la realidad muestra que el paradigma de la complejidad ha empezado a consolidarse, aún persiste una enorme resistencia en el lugar menos esperado: las instituciones de educación superior. Donde el concepto

se reduce a una leve enunciación en los proyectos educativos institucionales, argumentos en documentos maestros y discursos en conferencias; quedando muy corto en la gestión administrativa, la inserción en los currículos y la investigación interdisciplinar¹⁷ (Díaz-Álvarez, Mojica, y Rojas, 2023).

Ojalá que la Complejidad, en un futuro corto, permita que las instituciones de educación superior ayuden a la sociedad para superar la persistente modernidad líquida y ambivalente (Bauman 1991 y 2013), repensar la educación para la Era Planetaria (Ciurana et.al., 2006, Morin y Delgado, 2017; Velasco, 2024), intensificar la voluntad de transformación social (De Sousa Santos, 2010), transitar una nueva vía para el desarrollo de la humanidad (Morin, 2011), postponer el apocalipsis (Banks, 2023) y evitar el colapso y el suicidio ecológico impremeditado en que estamos inmersos (Díaz - Álvarez, 2023). Al menos, se espera que la palabra complejidad sea incluida en el Tesauro de la Unesco (2024).

7. REFERENCIAS

Aldana M. (2006). *Redes complejas*. En: Página oficial de Maximiliano Aldana. Universidad Nacional Autónoma de México. Descargado el día 06 de abril de 2018 de: <https://www.fis.unam.mx/~max/English/notasredes.pdf>

Aleksovska, M., Schillemans, T., & Grimmelikhuijsen, S. (2019). Lessons from five decades of experimental and behavioral

¹⁷ El asunto está en el incremento de la brecha con la tendencia internacional de los estudios que se adelantan en el Instituto Santa Fe y en el Centro de Ciencias de la Complejidad - C3 de la Universidad Autónoma del Estado de México, por mencionar los más recordados.

research on accountability: A systematic literature review. *Journal of Behavioral Public Administration*, 2(2).

Alhadeff-Jones M. (2009). *Revisiting educational research through Morin's paradigm of complexity; a response to Ton Jörg's programmatic view*. Complexity, vol. 6, No. 1, p 61 -- 70.

Anderson, P. (1999). *The eightfold way to the theory of complexity: a prologue*. En Cowan Et Al., Complexity: metaphors, models and reality. Perseus Books.

Anderson, P. (1999). The eightfold way to the theory of complexity: a prologue. En Cowan Et Al., Complexity: metaphors, models and reality. Boulder, EE.UU: Perseus Books.

Askari, M. R., Hajizadeh, I., Rashid, M., Hobbs, N., Zavala, V. M., & Cinar, A. (2020). Adaptive-learning model predictive control for complex physiological systems: Automated insulin delivery in diabetes. *Annual Reviews in Control*, 50, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2020.10.004>

Axelrod, R. (2004). *La complejidad de la cooperación, modelos de cooperación y la colaboración basada en agentes*. Buenos Aires, Argentina. Fondo de Cultura Económica.

Axelrod, R., y Cohen, M. (1999). *Harnessing complexity: organizational implications of a scientific frontier*. New York, EE.UU. The Free press.

Banks, M. (2023). Doomsday clock edges closer to midnight. *Physics World*, 36(3), 11ii. <https://doi.org/10.1088/2058-7058/36/03/15>

Barabási, A. (2008). *Linked. How everything is connected to everything else, and what it means for business, science and everyday life*. New York, EE.UU. A Plume Book

Bauman, Z. (1991). *Modernity and Ambivalence*. Cambridge, EE.UU: Polity Press.

Bauman, Z. (2013). *Liquid Modernity*. Cambridge, EE.UU.: Polity Press.

Benning, T. J., Heien, H. C., & McCoy, R. G. (2022). Evolution of Clinical Complexity, Treatment Burden, Health Care Use, and Diabetes-Related Outcomes Among Commercial and Medicare Advantage Plan Beneficiaries With Diabetes in the

US, 2006–2018. *Diabetes care*, 45(10), 2299-2308. <https://doi.org/10.2337/dc21-2623>

Bertalanffy, V. (2006). *Teoría general de los sistemas, fundamentos, desarrollo y aplicaciones*. Traducción de Juan Almela. México D.F., México. Fondo de Cultura Económica.

Biblioteca de Autores Cristianos -- BAC (1965). *Sagrada Biblia Nacar -Colunga, Libro de la Sabiduría*. Madrid, España. Biblioteca de Autores Cristianos.

Brown, T., LeMay, E. y Bursten, B. (1991). *Chemistry: The central science*. New York. EE.UU. Prentice Hall Inc.

Byrne, D., & Callaghan, G. (2014). *Complexity theory and the social sciences: The state of the art*. New York. United States of America. Routledge.

Campbell, D. (1982). «Grados de libertad» y el estudio de casos. *Estudios de Psicología*, 3(11), 56-68. <https://doi.org/10.1080/02109395.1982.10821319>

Campbell, J. (1982). *Grammatical man: Information, entropy, language, and life* (Vol. 16). New York: Simon and Schuster.

Cilliers, P. (2005). Knowing complex systems. *Managing Organisational Complexity: Philosophy, Theory, Application, IAP, Connecticut*, 7-19.

Cilliers, P. (2012). Understanding complex systems. In *Handbook of systems and complexity in health* (pp. 27-38). New York, NY: Springer New York.

Ciurana, E. (2007). *Introducción al pensamiento complejo de Edgar Morín*. Guadalajara, México. Editorial Universitaris, Universidad de Guadalajara.

Colina-Vargas, A. M. (2020). La educación superior desde la visión del pensamiento complejo. *Revista Científica Ecociencia*, 7, 1–18. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.70.288>

Courtoisie, R. (2008). *Poesía y caracol*. Asunción, Uruguay. Biblioteca Sibila.

De Regules S. (2016). *Las teorías del caos y la complejidad, el mundo es un caleidoscopio*. Madrid, España. Editorial Bonalitra Alcompas SL.

De Sousa Santos, B. (2010). *Decolonizar el saber, reinventar el poder*. Traducción al español de José Luis Exeni. Montevideo, Uruguay: Ediciones Trilco.

Defense Advanced Research Projects Agency -- DARPA (2018). *Darpa Open Catalog, Anomaly Detection at Multiple Scales -- ADAMS*. Recuperado el 10 de mayo de 2017 de: <http://www.darpa.mil/work-with-us/darpa-open-catalog>.

Díaz-Álvarez C. (2020). *Entropía, Homeostasis y Metabolismo Urbano, Sostenibilidad Ambiental de Ciudades Capitales en Latinoamérica*. Tesis de doctorado en Pensamiento Complejo. Sonora, México. MMR Edgar Morin.

Díaz-Álvarez C. (2023). *Ciudades de baja entropía, propuesta de gestión de la masa, energía y sus consumos*. En: *La encrucijada ambiental, enfoques y experiencias en el devenir de los territorios*. Toluca, México. Universidad Autónoma del Estado de México.

Díaz-Álvarez & Montero, A (2019). La complejidad ¿entre la dicotomía de pensamiento y el método? *Universciencia*, vol. 17, No. 50 (2019) enero -- abril.

Díaz, C. & Pulecio, C., (2016). *Modelos, mapas mentales y estilos de aprendizaje: aproximación desde la neurociencia cognitiva*. En: Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2016. Cartagena de Indias, Colombia. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -- ACOFI.

Díaz, C. (2014). *Metabolismo urbano, herramienta para la sustentabilidad de las ciudades*. En: *Interdisciplina: Ciudades*. México D.F., México. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México.

Díaz-Álvarez C, Mojica A. y Rojas S. (2023) *Diseño y optimización curricular desde el enfoque descriptivo basado en mapas mentales y redes de conocimiento*. *Revista Educación En Ingeniería*, 18(35). <https://doi.org/10.26507/xxxxxx>

Downey, A. (2018). *Think complexity: complexity science and computational modeling*. " O'Reilly Media, Inc."

Favela, L. H. (2020). Cognitive science as complexity science. *Wiley interdisciplinary reviews: Cognitive science*, 11(4), e1525. <https://doi.org/10.1002/wcs.1525>

- Freund, L., Al-Majeed, S., & Millard, A. (2021, June). Towards the definition of a strategic complexity management framework for complex industrial systems. In *2021 16th International Conference of System of Systems Engineering (SoSE)* (pp. 210-215). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SoSE52739.2021.9497491>
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. (2018). Post-normal science. In *Companion to environmental studies* (pp. 443-447). Routledge.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona, España. Editorial Gedisa.
- Gil-Atanacio, J. C., Villeda-Cruz, L. A., Pérez-Segovia, D., & Mucio-Martínez, J. C. (2021). Sistemas termodinámicos. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 8(15), 50-53. <https://doi.org/10.29057/estr.v8i15.6415>
- Gilbert, n. y Troitzsen, K. (1999). *Simulation for the social scientist*. New York, EE.UU. Open University Press.
- Giussani, L. (2012). *Educación es un riesgo: apuntes para un método educativo verdadero* (Vol. 276). Encuentro.
- Gooding, N. (1997). Balance de materia. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Harris, P. (2005). *El funcionamiento de la imaginación*. Traducido por Mirta Rosenberg y Miguel Balaguer. Buenos Aires, Argentina. Fondo de Cultura Económica.
- Herald, T., Verma, D., Lubert, C., & Cloutier, R. (2009). An obsolescence management framework for system baseline evolution—Perspectives through the system life cycle. *Systems Engineering*, 12(1), 1-20. <https://doi.org/10.1002/sys.20106>
- Hidalgo, C. A. (2021). Economic complexity theory and applications. *Nature Reviews Physics*, 3(2), 92-113. <https://doi.org/10.1038/s42254-020-00275-1>
- Juárez J., y Comboni S. (2012). Epistemología del pensamiento complejo. *Reencuentro*, 38, 51.
- Kabulov, A. V., Normatov, I. H., & Karimov, A. (2020). Algorithmization control of complex systems based on functioning tables. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1441, No. 1, p. 012141). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1441/1/012141>
- Kern, D. (1982). *Heat Transfer Process*. New York. EE.UU: McGraw Hill.
- Kertész, J., & Wachs, J. (2021). Complexity science approach to economic crime. *Nature Reviews Physics*, 3(2), 70-71. <https://doi.org/10.1038/s42254-020-0238-9>
- Kogetsidis, H. (2023), "Dealing with complexity – the contribution of problem structuring methods to management science", *International Journal of Organizational Analysis*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJOA-01-2023-3562>
- Kok J. y Van Den Heuvel S. (2019). Leading in a VUCA world, integrating leadership, discernment, and spirituality. Springer Nature.
- Kuchling, F., Friston, K., Georgiev, G., & Levin, M. (2020). Morphogenesis as Bayesian inference: A variational approach to pattern formation and control in complex biological systems. *Physics of life reviews*, 33, 88-108. <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2019.06.001>
- Ladyman, J., Lambert, J., & Wiesner, K. (2013). What is a complex system? *European Journal for Philosophy of Science*, 3, 33-67. <https://doi.org/10.1007/s13194-012-0056-8>
- Lara-Rosano, F. (2016). Las ciencias de la complejidad en la solución de nuestros problemas sociales. *Sistemas, cibernética e informática*, 13(2), 43-50.
- Landsberg P. (1986). The search for certainty in a probabilistic universe. En: *Random Process al azar*. Barcelona, España. Editorial Tusquets.
- Lebovic, N. (2021). Homo complexus: The "historical future" of complicity. *History and Theory*, 60(3), 409-424. <https://doi.org/10.1111/hith.12217>
- Levenspiel, O. (1981). *Flujo de fluidos e intercambio de calor*. Barcelona. España: Prentice Hall.
- Lorenz, E. (2000). *La esencia del caos, un campo de conocimiento que se ha convertido en parte importante del mundo que nos rodea*. Madrid, España. Debate.
- Luengo-González, E. (2017). Las vertientes de la complejidad. Diferencias y convergencias. Pensamiento sistémico, ciencias de la complejidad, pensamiento complejo, paradigma ecológico y enfoques holistas.
- Luna, O. F. (2013). *Sistemas de control interno para organizaciones*. oswaldo fonseca luna.
- Maani, K. (2017). *Multi-Stakeholder Decision Making for Complex Problems. A Systems Thinking Approach with Cases*. Singapore, Singapore. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Maldelbrot, B. (1997). *La geometría fractal de la naturaleza*. Barcelona, España. Editorial Tusquets.
- Maldonado, C. (2005). *Termodinámica y Complejidad: una introducción para las Ciencias Sociales y Humana*. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Externado de Colombia.
- Maldonado, C. (2007). *Complejidad: ciencia, pensamiento y aplicaciones*. Bogotá D.C., Colombia. Universidad Externado de Colombia.
- Margalef, R. (1986). Variaciones sobre el tema de la selección natural. Exploración, selección y decisión en sistemas complejos de baja entropía. En J. Wagensberg (ed.) *Procesos al azar* (121-140). Barcelona, España: Tusquets Editores.
- Mecklin, J. (2023). A Time of Unprecedented Danger: It Is 90 Seconds to Midnight. *Web article. Bulletin of the Atomic Scientists*, 24.
- Mejías-Guevara, B. M., Nuñez-Cruz, C. R., & Nazur-Borrás, L. M. (2022). Procedimiento para implantar el ambiente de control en organizaciones. *Ciencias Holguín*, 28(1).
- Mesa, M (2024). La Cumbre del Futuro, una apuesta por un multilateralismo inclusivo y eficaz. *Oportunidades de paz y lógicas de guerra*, 13.
- Mills, T., Lawton, R., & Sheard, L. (2019). Advancing complexity science in healthcare research: the logic of logic models. *BMC medical research methodology*, 19(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12874-019-0701-4>
- Mohseni, M., Tabassi, A. A., Kamal, E. M., Bryde, D. J., & Michaelides, R. (2019). Complexity Factors in Mega Projects: a literature review. *European Proceedings of Multidisciplinary Sciences*, 2(6), 54-67. <https://dx.doi.org/10.15405/epms.2019.12.6>
- Montoya, O. P. V. (2016). Visión integral del control interno. *Contaduría Universidad de Antioquia*, (69), 139-154. <https://doi.org/10.17533/udea.rc.328434>
- Moreno, J. C., & Osorio García, S. N. (2017). El punto de partida del análisis bioético de la ciencia y la tecnología: críticas al determinismo. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 17(2), 76-91. <https://doi.org/10.18359/rbi.2142>
- Morin, E. (1992). *From the concept of system to the paradigm of complexity*. Journal of Social and Evolutionary Systems, vol. 15, No. 4, p 371 – 385.
- Morin, E. (1999). *Introducción al pensamiento complejo*. Buenos Aires, Argentina. Editorial Gedisa.
- Morin, E. (2011). *La vía, para el futuro de la humanidad*, Colección Estado y Sociedad. Madrid, España. Editorial Paidós.
- Morin, E., & Delgado, C. (2017). Reinventar la educación. *Abrir caminos a la metamorfosis de la humanidad. La Habana: Editorial UH*.
- Morin, E.; Ciurana, R. y Motta, R. (2006). *Educación en la era planetaria*. Barcelona, España. Editorial Gedisa.
- Oakland, J., & Oakland, R. J. (2018). *Statistical process control*. Routledge.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura -- UNESCO (2024). Tesauro de la Unesco. Aplicativo Web disponible en: <https://vocabularies.unesco.org/browser/es/about>
- Palau, G. (2002). *Introducción filosófica a las lógicas no clásicas*. Barcelona, España. Universidad de Buenos Aires y Gedisa.
- Pobiak, T. G., Mazzuchi, T. A., & Sarkani, S. (2014). Creating a proactive obsolescence management system framework through the systems engineering continuum. *Systems Engineering*, 17(2), 125-139. <https://doi.org/10.1002/sys.21258>
- Predborska I. (2013a). *E Morin anthropo-ethics and its methodological potential for education*. Dragomanov U. vol. 21, No. 1.

Predborska I. (2013b). *E Morin´s complexity paradigm in the context of international challenge of education*. Systems. vol. 1, No. 3, p 68 – 82.

Prigogine, I. (1962). *Introduction to nonequilibrium thermodynamics*. New York, EE.UU. Willey Interscience.

Ravetz J. (2006). Post-normal science and the complexity of transitions towards sustainability. *Ecological Complexity* 3 (4), 275 – 284.

Reynoso C. (2007). Edgar Morin y la complejidad, elementos para una crítica. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires.

Rodriguez-Zoya L., y Rodríguez-Zoya P. (2014). *El espacio controversial de los sistemas complejos*; Universidad de Antioquia; Estudios de Filosofía; 50; 12-2014; 103-129

Rodríguez, L. y Aguirre, J. (2011). *Teorías de la complejidad y ciencias sociales: nuevas estrategias epistemológicas y metodológicas*. En: Nómadas, Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas, número 30. Madrid, España. Universidad Complutense de Madrid.

Roughgarden, J. (1998). *Primer of Ecological Theory*. New Jersey. EE.UU: Prentice-Hall Inc.

Ruelle, D. (1995). *Azar y Caos*. Madrid, España. Editorial Alianza.

Saviotti, P. P. (2023). *Innovation, Complexity and Economic Evolution: From Theory to Policy*. Taylor & Francis.

Schmidt, M. A., Tennina, M. E., & Obiol, L. C. (2018). La función de control en las organizaciones. *Centro de Estudios de Administración*, 2(2).

Smith, C. y Corripio, A. (1997). *Control automático de procesos, teoría y práctica*. México D.F., México: Editorial Limusa.

Sokal, A. y Bricmont, J. (1997). *Imposturas intelectuales*. Madrid, España. Paidos Iberica.

Strogatz, S. (2003). *Sync: How order emerges from chaos in the universe, nature and daily life*. New York, EE.UU. Hyperion.

Thom, R. (1990). *Esbozo de una semiofísica: física aristotélica y teoría de las catástrofes*. Barcelon, España. Editorial Gedisa.

Universidad Multiversidad Mundo Real Edgar Morin- UMMREM (2025). Debates sobre complejidad en la dimensión ambiental y la sostenibilidad. En: Congreso Internacional Todos los Saberes 2025. Pontificia Universidad Javeriana y Universidad del Bosque.

Van Tulder, R., & van Mil, E. (2022). *Principles of Sustainable Business: Frameworks for Corporate Action on the SDGs*. Taylor & Francis.

Van Wynen, S. E., & Niemandt, C. J. (2020). Leading in the certainty of uncertain times. *HTS Teologiese Studies/Theological Studies*, 76(2). <https://doi.org/10.4102/hts.v76i2.6114>

Velasco A. (2024). Educación para el desarrollo sostenible. En: Foro Liderazgo y Gobernanza Universitaria Sostenible. Villavicencio. Corporación Universitaria del Meta.

Verma, H. (1992). *Concepts of Physics*. New Dheli, India: Bharti Bhawan.

Viguri Axpe, M. R. (2019). Ciencias de la complejidad vs. pensamiento complejo. Claves para una lectura crítica del concepto de cientificidad en Carlos Reynoso. *Pensamiento. Revista De Investigación E Información Filosófica*, 75(283 S.Esp), 87--106. <https://doi.org/10.14422/pen.v75.i283.y2019.004>

Wesselink A. & Hoppe R. (2011). *If post normal science in the solution. What is the problem? The politics of activist*. Environmental Science: Science, Technology and Human Activities. Vol. 36, No. 3, p 389 – 412.

Zamini, M., & Hasheminejad, S. M. H. (2019). A comprehensive survey of anomaly detection in banking, wireless sensor networks, social networks, and healthcare. *Intelligent Decision Technologies*, 13(2), 229-270. <https://doi.org/10.3233/IDT-170155>