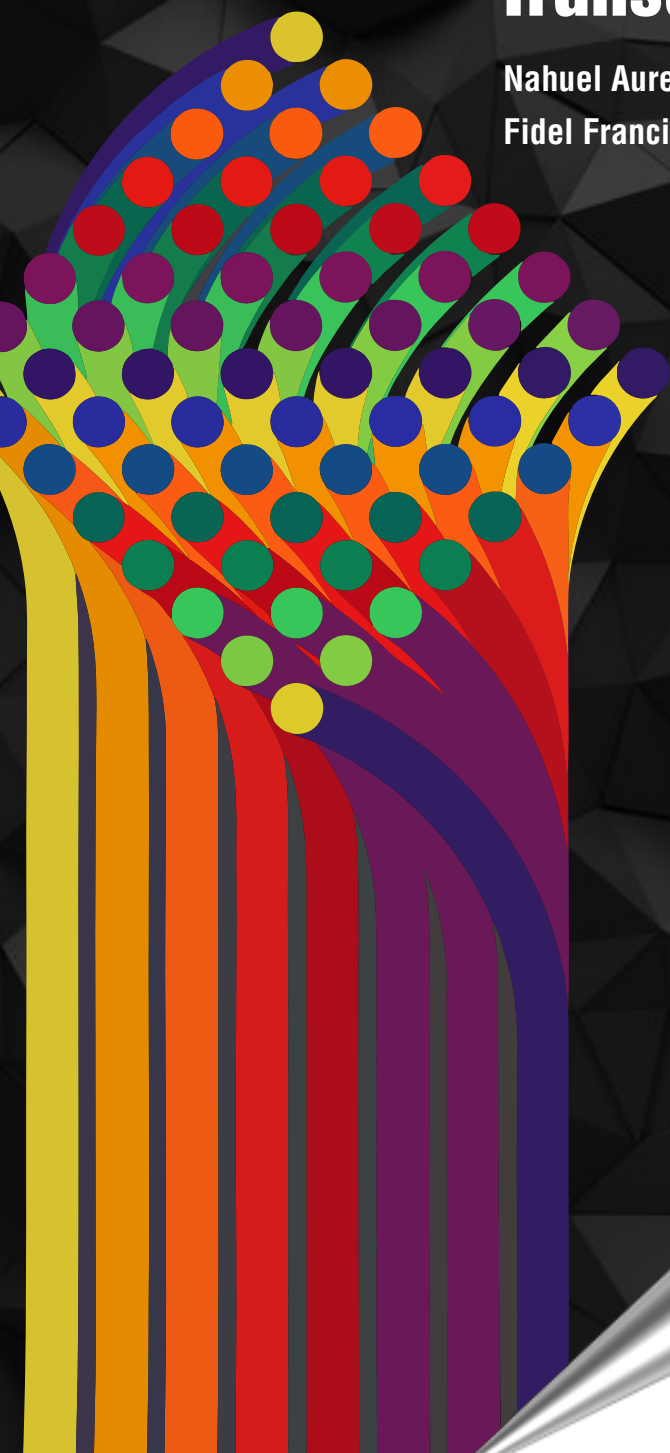


# La Educación Transdisciplinaria

Nahuel Aurelio Luengo

Fidel Francisco Martínez Álvarez



Comunidad Editora  
Latinoamericana





# LA EDUCACIÓN TRANSDISCIPLINARIA

Nahuel Aurelio Luengo  
Fidel Martínez Álvarez

COLECCIÓN EDUCAR EN LA COMPLEJIDAD



Luengo, Nahuel Aurelio

La educación transdisciplinaria / Nahuel Aurelio Luengo; Fidel Martínez Álvarez; editado por Leonardo Gabriel Rodríguez Zoya. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Comunidad Editora Latinoamericana, 2018.

Libro digital, PDF - (Educar en la complejidad)

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-987-46964-1-0

I. Educación Superior. 2. Epistemología. 3. Ciencias de la Educación. I. Martínez Álvarez, Fidel II. Rodríguez Zoya, Leonardo Gabriel, ed. III. Título.

CDD 378

Leonardo G. Rodríguez Zoya ~ Editor

Comunidad Editora Latinoamericana

Matheu 1225, Ciudad Autónoma de Buenos Aires (C1249AAA), Argentina

Tel. +54 911 5001 8099

[www.comunidadeditora.org](http://www.comunidadeditora.org)

[cel@comunidadeditora.org](mailto:cel@comunidadeditora.org)

Colección: Educar en la complejidad

Coordinación editorial: Paula G. Rodríguez Zoya

Diseño editorial: Giselle Goicovic Madriaza

Diseño de la cubierta: Pablo Domínguez ([imprentabalcarcel@gmail.com](mailto:imprentabalcarcel@gmail.com))



Esta obra se encuentra protegida por derechos de autor © Autor y se distribuye bajo Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial - Compartir Obras Derivadas Igual 2.5 Argentina.



Usted es libre de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra, hacer obras derivadas bajo las siguientes condiciones:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



**Compartir bajo la Misma Licencia** — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Para más información ver aquí: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ar/>

Si tiene dudas sobre la licencia, comuníquese a [cel@comunidadeditora.org](mailto:cel@comunidadeditora.org)

Este libro se terminó de imprimir en *La Imprenta Ya*, Buenos Aires, Argentina, Octubre de 2018. Impresión bajo demanda.

Este libro ha pasado por revisión de pares bajo la modalidad de referato doble ciego.

Impreso en la Argentina ~ Printed in Argentina

Queda hecho el depósito que establece la Ley 11.723

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	5
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	9
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>13</b>
<i>Los fundamentos epistemológicos de la complejidad</i>	
1. Los paradigmas emergentes en la Nueva Revolución del Saber	13
2. Los estudios de la complejidad.....	19
2.1. La teoría del caos .....	23
2.2. Enfoques de sistemas complejos.....	27
2.3. La topología no lineal .....	38
2.4. La geometría fractal .....	42
2.5. La lógica borrosa y sus aplicaciones.....	46
3. La epistemología transdisciplinaria de la complejidad.....	51
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>63</b>
<i>La construcción de una educación transdisciplinaria</i>	
1. Nuevos paradigmas en la educación: algunas experiencias internacionales.....	63
2. La educación transdisciplinaria: fundamentos para su construcción .....	71
3. Propuesta de socialización de la educación transdisciplinaria ...	98
4. Tesis epistemológicas para la construcción de una educación transdisciplinaria .....	102
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>111</b>

**BIBLIOGRAFÍA ..... 113**

**ANEXO I..... 135**

*Glosario bibliográfico de conceptos y  
temáticas en la Nueva Revolución del Saber*

**ANEXO II ..... 197**

*Antecedentes de los estudios científicos  
sobre los fenómenos no lineales*

**ANEXO III..... 203**

*El constructivismo radical*

**ANEXO IV..... 211**

*Epistemología de la complejidad:  
principios, conceptos y métodos*

## RESUMEN

El presente libro hace una modesta contribución a la superación de las limitaciones impuestas históricamente por el aislamiento no confeso entre las disciplinas, asignaturas y áreas del conocimiento científico. Para ello, se fundamenta la importancia de salir de la crisis epistemológica existente en el mundo académico, mediante el estudio y difusión de los fundamentos de los denominados *paradigmas emergentes* de la integración del saber (estudios CTS, holismo ambiental, bioética, constructivismo, hermenéutica y estudios de la complejidad). En concreto, en el libro se caracterizan las teorías y enfoques de los *estudios de la complejidad* y se muestra su importancia en la sistematización de *los fundamentos epistemológicos para la construcción de una educación transdisciplinaria* en nuestra América Latina. Como colofón se realiza una propuesta de algunas formas y vías de socialización de este nuevo tipo de integración del saber en el contexto actual de la Educación Superior. El libro tiene especial valor teórico y metodológico para profesores, investigadores, directivos, estudiantes y público en general, para profundizar en los problemas actuales del desarrollo del conocimiento científico. En tal sentido viene a complementar las contribuciones que la academia latinoamericana ha realizado a la actualización de los fundamentos epistemológicos de la educación. Muchas de las ideas aquí presentes se encuentran en diversas divulgaciones científicas publicadas por los autores sobre la temática.





## INTRODUCCIÓN

“¡Insértese en nuestras repúblicas el mundo,  
pero el tronco debe ser el de nuestras repúblicas!”.

(Martí, J. 1975, pág. 18)

Es realmente evidente el reto que entraña el título del presente libro, que incita de inmediato a realizar insoslayables salvedades; una de ellas estriba en que el método dialéctico y el enfoque transdisciplinario, que se tratan de aplicar aquí, exigen establecer nexos entre áreas de conocimientos relativamente distantes, por ello, las mediaciones conceptuales que se utilizarán constituyen un requerimiento indispensable para el replanteo de las complejidades propias del carácter difuso, entramado y controvertido del tema en cuestión.

En consecuencia, urge considerar estas complejidades y apostar por reflexiones que estén más en el espíritu de la transgresión del paradigma disciplinar, o de las fronteras históricamente establecidas por las áreas particulares del conocimiento aquí involucradas y sus correspondientes estructuras categoriales.

Aunque en Latinoamérica, desde hace ya más de una década, se están dirigiendo los esfuerzos hacia el fomento y consolidación de una nueva educación, que se corresponda con las exigencias y demandas de la actualización del modelo socio-económico actual, todavía no se ha concretado una verdadera política de integración del saber y mucho menos el necesario e impostergable paso de la inter a la transdisciplina.

En la academia actual todavía la transdisciplinariedad, como forma superior de integración del saber, ha sido más bien declarada que sistematizada. Hasta hoy la educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) ha estado signada por una “interdisciplinariedad arquetípica” con el predominio de unas disciplinas sociales sobre otras, por lo que ya necesita ser renovada con los avances epistemológicos alcanzados por la integración de otros saberes. Para ello es indispensable el necesario acercamiento entre los paradigmas emergentes de la Revolución Contemporánea del Saber (diálogo de saberes como enfatiza Edgar Morin), los cuales, esencialmente, están liderados no solo por los estudios CTS, sino también por el holismo ambiental, la bioética global, las epistemologías hermenéutica y constructivista y los estudios transdisciplinarios de la complejidad.

No obstante, a los indiscutibles avances que han tenido la educación CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) en sus veinte años de institucionalización, así como a los logros que se han alcanzado en la crítica al ideal clásico de la ciencia, y a pesar de los continuos esfuerzos de perfeccionamiento de los programas, todavía la educación CTS no ha podido eliminar algunas carencias académicas:

2. No ha logrado la necesaria sistematización epistemológica como premisa para su contribución a la integración de tipo transdisciplinaria del saber, que permita una efectiva capacitación de los profesores, investigadores y directivos, de manera que les proporcionen las herramientas más actualizadas y efectivas para la solución de los complejos problemas, tanto en el plano académico como social.
3. No se nutre, sistemáticamente, de los aportes transdisciplinarios de los demás paradigmas emergentes como: estudios de la complejidad, holismo ambiental, hermenéutica y constructivismo, más bien se mantiene un ambiente gremial de aislamiento.
4. No le ha prestado la debida atención al estudio de la historia de la filosofía y de la ciencia, salvo excepciones, así como de la historia del propio proceso de integración del saber, como premisas para revelar las verdaderas causas de la

Concepción heredada del conocimiento científico, sus limitaciones e impactos.

5. En la educación de postgrado ha existido una profusión de programas, con predominio de una mezcla aditiva de temáticas, mayormente, de sociología, política, ética y gestión científico-tecnológica.

En fin, con espíritu crítico-constructivo, se puede afirmar que entre las causas de esta situación se destaca el hecho de que todavía en la academia latinoamericana no se están desarrollando, de manera coordinada y con el necesario apoyo institucional, los indispensables estudios teóricos del proceso de integración transdisciplinaria, que han estado generando las nuevas teorías y enfoques de los paradigmas emergentes (solo existe la incipiente y poco reconocida vanguardia académica), como premisa para poder contribuir a la sistematización de los fundamentos epistemológicos para la construcción de una educación transdisciplinaria adecuada endógenamente a las particularidades socio-culturales de nuestra región.

Por todas estas razones y otras no señaladas aquí, esta es una problemática de significativa urgencia en la agenda académica de la comunidad científica universitaria, pues implica asimilar diversas perspectivas epistemológicas emergentes, reinterpretándolas a tono con el contexto histórico-cultural latinoamericano.

Es decir, en todas las esferas de la vida social del país se precisa introducir los nuevos paradigmas, en especial, en educación, salud, y cultura física, pues tales paradigmas son imprescindibles para su desarrollo, especialmente, considerando que es creciente la utilización de las tecnologías de punta, fenómeno que exige el dominio de la emergente epistemología transdisciplinaria.

Con este libro se intenta superar las limitaciones que impone el aislamiento creciente no confeso (colegios invisibles), entre los cultores de las diferentes disciplinas científicas y formas de integración de saber. Además, se caracteriza y muestra la importancia de los estudios de la complejidad, como base teórica de la sistematización de los fundamentos

epistemológicos para la construcción de una educación transdisciplinaria y proponer algunas formas y vías de su socialización en el contexto actual de la educación superior.

Por último, expresar que éste es un texto científico, se realizó según la interpretación de los autores con una mirada crítica, constructiva y si se quiere compleja. Es un texto que se nutre de disímiles autores, de muchos pensadores que aunque, a primera vista, parezcan contrarios en su posicionamiento, para la explicación convencional y aceptada por las reglas y modos actuales de pensamiento lineal, no lo son. Se considera a las citas y la ubicación de las mismas en la bibliografía como una herramienta más para que los lectores que no solo deseen quedarse con los argumentos y significaciones que se proponen aquí, busquen las fuentes reales, que de ser así, encontrarán que en cada uno de ellos también; ¡existe la humildad científica de sentirse solo un conjunto de átomos dentro de un mar de humanidad!

## CAPÍTULO I

# Los fundamentos epistemológicos de la complejidad

### 1. Los paradigmas emergentes en la Nueva Revolución del Saber

En las condiciones excepcionales de hoy, se precisa reconocer la existencia de una profunda y extensa crisis, la cual exige urgentes transformaciones en todos los ámbitos, en especial, en las políticas y estrategias que se establecen en la esfera de la educación (Herrera Torres, 2008: 9).

No solo basta con disponer de una noble voluntad política para hacer cambios, sino también se precisa reconocer, con hechos concretos, la existencia de la propia crisis y de sus diferentes dimensiones, pues:

no solamente estamos ante una crisis de los fundamentos del conocimiento científico, sino también del filosófico y, en general, ante una crisis de los fundamentos del pensamiento. Esta situación nos impone a todos un deber histórico ineludible, especialmente si hemos abrazado la noble profesión y misión de enseñar (Martínez Miguélez, 1996: 5).

Desde hace más de dos décadas se viene asumiendo que la universidad convencional está en crisis, no sólo en el plano de la

instrucción, sino en su misión educativa también. Es por ello que: “en las últimas décadas se ha vuelto común examinar las bases de nuestras posiciones teóricas, para no llegar a la frustración de construir en el aire. La historia de la ciencia es pródiga en ejemplos de construcciones etéreas que, después, sólo pueden sostenerse con base en dogmatismos” (Rincones, 2015: 2).

Es natural que siempre la conciencia de las masas esté a la zaga de los acontecimientos, tanto económicos como científicos, de manera que:

este hecho no tiene que sorprendernos. La conciencia humana en general es extraordinariamente conservadora. La gente se agarra a lo conocido, a lo “normal”, a los viejos hábitos y costumbres, hasta que acontecimientos explosivos destruyen la vieja rutina y les obligan a hacer frente a la realidad de su existencia. (Woods y Ted, 2005: 16).

Sería imperdonable que no se reconozca a tiempo la crisis actual, así como la necesidad de una urgente superación de la concepción heredada del conocimiento, que todavía permanece entre muchos profesionales de la educación. Para rebasar ese paradigma se precisa realizar profundas transformaciones epistemológicas hacia la transdisciplinaria en la propia vanguardia científico-académica del país, es decir, pasar de la Segunda a la Tercera Ola.

La idea central y el título de la premonitoria obra de Alvin Toffler titulada: *La Tercera Ola*, publicada en 1980, en la cual realiza una atinada caracterización y crítica de la concepción clásica de la racionalidad científica. En esencia, Toffler aboga por el paso de esa Segunda Ola a la Tercera, como vía para superar esa visión tradicional del conocimiento, revelar su naturaleza social y considerar con justeza los impactos positivos y negativos que ha tenido la ciencia y la tecnología en las condiciones del mundo capitalista. Otros autores sentencian que ya está naciendo una nueva y colosal revolución del saber, gracias a la transdisciplinaria integración de las ciencias

naturales, técnicas y sociales, las cuales están iniciando con éxitos crecientes “la explicación y modelación matemática de los sistemas más complejos conocidos: las organizaciones sociales” (Wheatley, 1992).

Es muy importante no olvidar que siempre la ciencia “creció y se desarrolló en la medida que volvió la espalda a los prejuicios acumulados del pasado” (Woods y Ted, 2005: 46) Por lo que si se reconoce, bajo la tradición dialéctica, que las contradicciones son las fuentes del desarrollo, entonces se precisa remover los cimientos del paradigma del conocimiento tradicional dominante, tanto filosófico como científico, esa concepción que ha atenazado durante mucho tiempo la capacidad creadora e innovadora en el plano de las ideas y en la práctica académica e investigativa. De hecho, “aún seguimos basando gran parte de nuestras decisiones en ecuaciones de causa-efecto más que en, al menos, tratar de comprender la dinámica no lineal de los sistemas de los cuales formamos parte” (Cornejo Álvarez, 2004: 5).

Esta crisis se ha visto reflejada en la educación superior, con especial dramatismo en América Latina, donde se ha producido un significativo cambio en el *ethos académico*, pues ha crecido la *transculturación*, bajo el empuje reaccionario de la tendencia más aberrada del postmodernismo y otras corrientes globalizadoras de estirpe neoliberal, que imperan en determinados recintos académicos e instituciones científicas de la región.

Las implicaciones ideológicas de tales influencias, en la ciencia y en la educación, con frecuencia se subestiman y es verdad que *ideas pseudocientíficas e imposturas* se hacen pasar por muy novedosas (Follari, 1993; 2000) Pero a su vez, viéndolo a la inversa, se puede afirmar que en no pocas ocasiones hay quienes, subrayando demasiado estos riesgos, asumen la posición extremista de ver fantasmas políticos por todas partes y se atrincheran en los dogmas propios del paradigma ideológico tradicional.

En verdad, lo que urge hoy es la búsqueda de la información integradora del saber, que está siendo proporcionada por los nuevos paradigmas de la ciencia y



asimilarlos endógenamente, es decir, fraguar lo propio y lo ajeno en lo universal, como verdadero patrimonio esencialmente perdurable. Por su naturaleza, el patrimonio científico perdurable no se puede reducir a un paradigma, modelo o forma de racionalidad, pues, por muy genial que parezca siempre entraña también inevitables limitaciones. De manera que “todo paradigma precisa ser renovado, enriquecido y hasta a veces sustituido en dependencia de las condiciones históricas concretas en las que se ha desarrollado” (Morin, 1998a: 34).

Por tanto, *la ciencia perdurable es aquella que trasciende como algo universal y no se deja atenazar por un paradigma en particular*. Es decir, la ciencia avanza gracias a aquellas formas de saber que cambian, se sustituyen, se enriquecen y renuevan constantemente con arreglo a contextos o entornos específicos, sobre los cuales, a su vez, cada forma de conocimiento ejerce una constante influencia transformadora.

Así pues, hoy se debe reconocer que:

lo verdaderamente importante es asumir la necesidad de cambiar los paradigmas y mentalidades en torno a la educación, pues de lo contrario, ninguna inversión en la educación, por abundante que sea puede resolver el problema. Las dificultades no son sólo de índole económica, sino culturales en general, incluyendo, por supuesto las de orden político, cosmovisivo y epistemológico (Herrera Torres, 2008: 9)

Por fortuna, ya hoy se reconoce cada vez más en el mundo académico, que en los años sesenta del pasado siglo se produjo una reacción a la crisis epistemológica creada por el neopositivismo, gracias a las nuevas reinterpretaciones del conocimiento desde los fructíferos aportes de los paradigmas emergentes en la Nueva Revolución del Saber (Ver Anexo 1)

1. En las Ciencias Sociales y las Humanidades: estudios sociológicos, económicos, políticos, psicológicos, pedagógicos, éticos e, incluso, en literatura y arte, de los

- cuales emergieron, entre otros campos de integración, los estudios interdisciplinarios CTS.
2. En Física, Química, Biología y Matemáticas, de las cuales, inicial y esencialmente, han nacido los estudios de la complejidad.
  3. En otras formas de integración interdisciplinarias del saber tales como: holismo ambiental, bioética global, hermenéutica y constructivismo, que han estado, de una u otra manera, relacionados entre sí, pero, a la vez, paradójica y gremialmente aislados.

Para poder asimilar, endógenamente, todas estas novedades, es preciso reconocer que, tanto en la arena internacional como en la academia actual ha tenido gran impacto el nocivo lastre del *mito de las dos culturas*, que consiste en el proceso de separación (disyunción), oposición arbitraria o burocrática incomunicación que de manera creciente se ha ido produciendo en la modernidad entre las ciencias naturales y técnicas por un lado y las ciencias sociales y las humanidades por el otro, así como también *el aislamiento cultural* (de regiones geopolíticas y de gremios intelectuales), fenómenos acentuados por la globalización neoliberal.

Como consecuencia, los cultores de todos estos *paradigmas emergentes*, con frecuencia no se relacionan y mucho menos establecen estrategias comunes de integración. Sin embargo, es impostergable tanto superar semejante aislamiento entre los paradigmas, como incorporar los significativos avances de los estudios sobre la propia integración del saber, es decir, los estudios sobre *multi, inter y transdisciplinariedad*, algo que permite identificar la complementariedad y continuidad de los paradigmas mencionados, este esfuerzo de integración es un argumento teórico muy importante, pues *desde los paradigmas emergentes* de la integración del saber se puede contribuir de manera decisiva al mejoramiento de la formación y superación epistemológica de los profesionales de la *ciencia*, pero, muy especialmente, de quienes laboran en la *educación superior*.

La Tabla 1 compara sintéticamente el proceso de integración del saber de la multi, inter y transdisciplinaria.

Multi-disciplina	<p>Nivel primario de coexistencia espontánea de disciplinas de diversos tipos que participan en un proceso incipiente de integración del saber y de acciones con pobre cooperación y coordinación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel primario de integración de disciplinas (nexos inmediatos, superficiales y transitorios)</li> <li>• A menudo es una actividad compartimentada, aditiva e impuesta desde “desde arriba”.</li> <li>• No existe una epistemología ni lenguaje común.</li> <li>• Muchas limitaciones en la comunicación y en las actividades de cooperación del trabajo en equipo.</li> <li>• Las acciones tienen pobre o bajo nivel en la solución de problemas complejos.</li> </ul>
Inter-disciplina	<p>Nivel más complejo de integración, en el que se establecen interacciones entre dos o más disciplinas, donde se definen objetivos comunes sin abandonar sus paradigmas cognitivos propios; allí se produce intercomunicación y enriquecimiento recíprocos y hasta transformaciones de orden metodológico de investigación, pero todavía no se logra construir un lenguaje híbrido, ni una epistemología nueva, de manera que se producen soluciones transitorias y limitadas (no integrales, sistemáticas y duraderas) de los problemas de la realidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un nivel más complejo de integración de disciplinas (nexos más extendidos, profundos y duraderos).</li> <li>• Es una actividad más compartida y participativa que propicia la aparición de un líder, aunque todavía sigue siendo impuesta regularmente “desde arriba”.</li> <li>• Ya aparecen términos comunes y se crean híbridos interdisciplinarios (Biofísica, Bioquímica, Cibernética, etc.).</li> <li>• Sin abandonar sus paradigmas cognitivos propios se logran mejores métodos, técnicas y procedimientos mixtos.</li> <li>• Las acciones tienen mayor eficacia pero todavía no alcanzan un impacto global y sustentable en la solución de los problemas complejos.</li> </ul>
Trans-disciplina	<p>Nivel más complejo y eficiente de interacción entre diversas disciplinas con alto grado de cooperación y coordinación en base a objetivos comunes. A este nivel se logra construir un lenguaje híbrido y una epistemología nueva, es decir, se establece una visión estratégica común consolidada, mediante un proyecto de transformación consciente y creativa con metodologías alternativas viables y alto nivel de solución de problemas complejos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es el nivel más elevado y eficiente de interacción de disciplinas (nexos universales, esenciales y</li> </ul>

	<p>permanentes).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una actividad de alto grado de participación consciente y democrática de cada uno de sus miembros, que logra a través de su líder natural, o líderes no impuestos, una eficiente cooperación y coordinación.</li> <li>• Se utiliza y perfecciona la emergente epistemología de los estudios de la complejidad, que construye el lenguaje transdisciplinario común necesario para el trabajo en equipo.</li> <li>• Se crean nuevos paradigmas cognitivos, métodos, técnicas y procedimientos, así como nuevas estructuras organizacionales con arreglo a la naturaleza compleja del objeto.</li> <li>• Proyecto de transformación consciente con alternativas viables y alto nivel de solución de problemas concretos.</li> <li>• El alcance de las soluciones generadas por el trabajo transdisciplinario tienen un impacto integrador y sustentable.</li> </ul>
--	---

Tabla 1. Multi-inter-tran disciplina.

Este viraje se ha caracterizado por una sustancial modificación de nuestros patrones culturales y mentales respecto al conocimiento en general, así como a la ciencia y la tecnología en particular. Es decir, se ha estado gestando un especial advenimiento: *un radical cambio paradigmático en el orden epistemológico*, que ha sido fruto de los indiscutibles éxitos teóricos y prácticos de la integración fructífera de las ciencias naturales, las matemáticas y las humanidades, que está conformando un nuevo *modelo cultural*, del cual son legítimos protagonistas no solo los *estudios CTS*, sino también los *estudios de la complejidad*, así como el *holismo ambiental*, la *bioética global* y la nueva *epistemología hermenéutica y constructivista*.

## 2. Los estudios de la complejidad

Precisamente, los *estudios transdisciplinarios de la complejidad* enriquecen la nueva visión social integral del conocimiento científico que ha proporcionado el enfoque interdisciplinario *CTS*, pues profundizan en muchos otros argumentos y desarrollan toda una emergente, flexible y

creadora epistemología que está en permanente construcción conceptual y que se ha ido aplicando de manera creciente, mediante nuevas y fecundas metodologías y tecnologías de punta, las cuales irrumpen con su valor práctico en todos los ámbitos de la realidad social.

De hecho, la *perspectiva de la complejidad* no solo consolida el fundamento epistemológico que ha servido para someter a crítica la *concepción heredada del conocimiento* (Casti, 1994; Delgado y Sotolongo, 2004), sino que con su nuevo lenguaje, pensamiento y realizaciones prácticas, logra desplazar la integración del saber desde la inter hacia la transdisciplina, como efectiva y sostenible vía para la solución de los más diversos y complejos problemas sociales.

En realidad, el proceso de integración del saber que se continúa fraguando en los estudios de la complejidad necesita de las contribuciones del enfoque CTS para consolidar sus fundamentos epistemológicos sociales. Pero a su vez, estos últimos están siendo enriquecidos con la emergente y creciente epistemología fruto de la hibridación del nuevo lenguaje aportado por el pensamiento de la complejidad (terminología, conceptos y principios), así como por todo su arsenal de novedosas metodologías, procedimientos y técnicas flexibles (ciencias de la complejidad). La fusión y fertilización de ambas perspectivas permitirían mejorar la comprensión y solución de los diversos y complejos problemas sociales y tecno-científicos concretos.

En efecto, las novedosas y crecientes contribuciones de las ciencias naturales, de las matemáticas y de las ciencias sociales imbricadas de manera inédita en una mixtura más transdisciplinaria están proporcionando, aquello anhelado por todos los intentos multi e interdisciplinarios en la historia del conocimiento, es decir, ese ideal de la ciencia de lograr la integración fructífera y sostenible de todas las formas del saber.

Cualquier examen sobre ese extraordinario proceso de integración del saber que hoy protagonizan los estudios de la complejidad exige tener en cuenta varias temáticas:

- El impacto social del multidimensional proceso de integración cultural y de las ciencias naturales y sociales.

- El estudio de sus antecedentes, iniciadores, teorías y enfoques con una gran diversidad de visiones y propuestas epistemológicas y metodológicas de diferentes matices ideológicos y referentes culturales.
- La relación entre filosofía, ciencia y complejidad en general y, en particular, la importancia de la tradición dialéctica.
- La exigencia de un creativo proceso de asimilación endógena de estos estudios en el contexto de los países en vías de desarrollo.
- La demanda de *la necesaria sistematización didáctica de sus fundamentos epistemológicos* en creciente elaboración (teorías, ideas, principios, conceptos, métodos, etc.), que permitan desarrollar con éxitos la enseñanza, tanto de pre como postgrado.
- El enorme *reto educativo en la divulgación* de las ideas y el lenguaje de la *complejidad* en los medios de difusión masiva, que eviten el reduccionismo y las simplificaciones que menoscaban su riqueza, credibilidad y efectividad práctica.
- El valor de las aplicaciones de los *estudios de la complejidad* en todas las esferas de la vida.
- El polémico, difícil y necesario *acercamiento* entre los fundamentos epistemológicos de los campos *CTS* y de la *complejidad*.

No obstante a la diversidad de temáticas relacionadas con el actual proceso de integración del saber, aquí se hará mayor referencia a aquellas que tributan directamente a la *sistematización de los fundamentos epistemológicos para la construcción de una educación transdisciplinaria*, lo cual puede potenciar ese nuevo tipo de educación en nuestra región.

Ante todo, se debe reconocer que el impacto que ya están ejerciendo los *estudios transdisciplinarios de la complejidad* ha obligado al replanteo de la relación *Filosofía-Ciencia*, pues *el análisis de los fenómenos no lineales y caóticos* primero y la aparición luego de sus correspondientes *enfoques y teorías*, han generado reales anomalías en las concepciones filosóficas modernas. Se está produciendo un proceso de transgresiones disciplinares crecientes que ocasionan colisiones, conflictos,

reacomodos y hasta abandonos epistemológicos, reflejo de las *crisis paradigmáticas*, que hoy tienen lugar en todos los saberes. En palabras de Delgado Díaz:

Las ideas de la complejidad son el resultado de elaboraciones científicas en diversos campos de la investigación -biología, física, geometría, lógica, matemáticas, meteorología, neurociencias, química, sociología, etc. Como productos científicos genuinos, las nuevas teorías científicas no han de rendir cuentas filosóficas a nadie. Por el contrario,... esas ideas representan elaboraciones científicas específicas que tienen además una pretensión transdisciplinaria y generalizadora -que nadie pone en duda- (Delgado Díaz, 2002: 3).

Ya en la literatura aparecen claras referencias a la necesidad de distinguir tres dimensiones o perspectivas en la comprensión de los *estudios de la complejidad*, en lo cual han enfatizado varios autores, es decir, se suelen expresar como:

1. **Ciencia** (Edward Lorenz, Stephen Smale, René Thom, Lofti Zadeh, Benoit Mandelbrot, Humberto Maturana, Francisco Varela, S.A. Kauffman, Ilya Prigogine, P. Bak, Ch. Langton y otros). Desde la década de los años sesenta, en física, química, biología y matemáticas.
2. **Cosmovisión** (Teoría General de Sistemas de Ludwig Von Bertalanffy, Escuela de Palo Alto (Bateson, 1972/1993), estudios sobre la Auto-organización (Kauffman, 1993), el constructivismo radical (Von Foerster, 1998)
3. **Método** Pensamiento complejo (Morin, 1994a), Metodologías de Autómatas celulares (Wolfram, 2002), Redes neuronales, etc. (Maldonado, 1999: 12-13).

Específicamente, en este epígrafe se hará énfasis en la sistematización histórica de los antecedentes y los fundamentos epistemológicos de los estudios de la complejidad sin la

intención de distinguir ninguna de estas perspectivas, sino más bien revelando lo común entre ellas. De hecho, el análisis histórico se limitará, más que todo por razones de espacio, al siglo XX aunque se sabe que en verdad sus más profundas premisas se pueden encontrar en la obra innovadora de integración del saber realizada por varios filósofos y científicos desde la Antigüedad.

Ante todo, se precisa reconocer un interesante y paradójico fenómeno: en paralelo con el positivismo de finales del siglo XIX y durante el predominio del neopositivismo en toda la primera mitad del siglo XX, así como de manera casi clandestina o con pobre reconocimiento social, se fueron creando las premisas teóricas de la actual emergente epistemología de los estudios de la complejidad. Por tanto, para comprender este colosal y revolucionario esfuerzo de integración del conocimiento no se pueden olvidar los antecedentes de los estudios científicos sobre los fenómenos no lineales (Anexo 2), contenidas en la obra de varios investigadores y pensadores, quienes desde diferentes disciplinas y contextos históricos, criticaron y enriquecieron las ideas más avanzadas de su tiempo.

A pesar de las valiosas contribuciones desde finales del siglo XIX y durante toda la primera mitad del siglo XX, de las cuales surgieron varios enfoques y teorías, no fue hasta inicios de la década del sesenta que se reconoce el nacimiento de una nueva ciencia.

### *2.1. La teoría del caos*

El principal protagonista de este acontecimiento fue el matemático y meteorólogo estadounidense Edward Norton Lorenz (1917-2008), quien mientras trabajaba en el pronóstico del estado del tiempo, utilizando un modelo matemático con tres ecuaciones no lineales en una computadora, observó que la evolución del sistema, para dos condiciones iniciales muy cercanas, llegaba a estados completamente diferentes en un tiempo posterior, es decir, la evolución del sistema tenía alta



sensibilidad a los cambios en las condiciones iniciales, lo que generó un comportamiento caótico.

Antes y durante toda esa década, varios científicos hicieron descubrimientos muy similares a los de Lorenz, incluso, muchos comenzaron a revelar o reinterpretar un conjunto creciente de propiedades complejas comunes en los más disímiles fenómenos de la realidad. Sin embargo, el verdadero iniciador fue Lorenz, porque sus ideas, demostradas con un experimento bien convincente, fueron las que marcaron el comienzo del viraje contra el paradigma científico reduccionista en un campo científico-particular bien concreto (Cesarman, 1986; Smith, 2001).

En esencia, el cambio de paradigma se inicia cuando las nuevas concepciones enfatizan la idea de que: “la ciencia clásica privilegia el orden y la estabilidad, mientras que en todos los niveles de observación hoy reconocemos el papel primordial de las fluctuaciones y la inestabilidad” (Prigogine, 1997: 10).

Desde un nuevo enfoque Lorenz considera el *caos* como “aquel comportamiento dinámico aperiódico (oscilaciones irregulares, que no se repiten nunca, de período infinito) que aparece bajo condiciones totalmente deterministas y que presenta gran sensibilidad a las condiciones iniciales” (Salazar Domínguez, 1997: 33).

Este fenómeno, predicho por él en los 60, se ha conocido metafóricamente como *efecto mariposa*. Esto se debe a dos razones: una es porque la figura geométrica representada en un papel (Atractor de Lorenz) que emergió como resultado de las dos trayectorias diferentes y caóticas del sistema complejo, adopta una apariencia similar a las alas de una mariposa; mientras que la otra razón obedece a que la alta sensibilidad a las variaciones en las condiciones iniciales en la evolución del sistema lo llevan a un comportamiento impredecible a largo plazo, lo cual le permite al sistema establecer conexiones con los más variados y distantes fenómenos. De manera que esta metáfora está enfatizando la idea filosófica o principio dialéctico de la concatenación universal (Heráclito y Hegel), es decir, la interrelación (vínculos, nexos, conexión) directa o indirecta que establecen todos los fenómenos de la realidad. En la literatura

esta metáfora se ha formulado de diferentes maneras, pero en esencia significa algo así como que: “el aleteo de una mariposa en Beijing puede ocasionar una tormenta en Texas” (Valle Espinosa, 2004: 50).

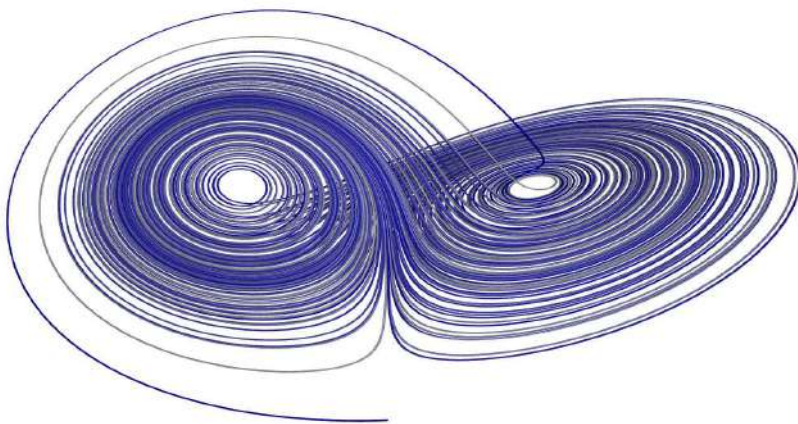


Figura 1. Atractor de Lorenz

Por primera vez Lorenz mostró sus resultados en 1963 en el artículo titulado: “Flujo determinista no periódico”, publicado en la revista *Journal of Atmospheric Science* no muy conocida en esa época (Lorenz, 1963).

Este hecho, provocó que el artículo estuviera prácticamente invisible para los científicos durante toda aquella década. Afortunadamente, en 1972 James A. Yorke recibió de un amigo el trabajo de Lorenz y, luego de discutirlo varias veces con Robert McCredie May y otros colegas, lo reinterpretó y divulgó en 1975 con su artículo titulado: “Period three Implies Chaos” (Gleick, 1988: 30).

Todo el esfuerzo de difusión de las ideas de Lorenz, realizadas por Yorke y sus colegas permitió demostrar, mediante otros ejemplos en la naturaleza, las características del sistema caótico:

1. Su dinámica es oscilatoria, aperiódica, inestable o alejada del equilibrio.

2. Posee alta sensibilidad a los cambios en las condiciones iniciales, por lo que el sistema tiene una trayectoria errática o azarosa (probabilística).
3. Genera lazos de retroalimentación y recursividad con arreglo a las perturbaciones del entorno, que afectan también a sus premisas causales.
4. Su comportamiento es no-lineal, pero el caos es determinista, pues regularmente está constituido por un conjunto finito de variables y su evolución temporal puede ser acotada.
5. Es una mezcla sutil de orden y desorden, que se revela en la invarianza escalar que posee su atractor extraño en el espacio de fase, donde se pueden identificar patrones de auto-organización.
6. Por ello, el sistema caótico es más predecible a corto que a mediano o largo plazo.

Por tanto, el mérito de Lorenz y sus continuadores radica en que, con el descubrimiento de estas propiedades, se modifica radicalmente la concepción tradicional que se tenía del Caos.

Luego, en las décadas de los años setentas y ochentas, Lorenz y sus seguidores desarrollaron estudios en diferentes procesos físicos y químicos para confirmar los fundamentos de la Teoría del Caos, lo cual se demostró en experimentos sobre la convección térmica en fluidos. Así también otro descubrimiento de no linealidad fue revelado con la rueda de agua o Noria de Lorenz, antiquísimo sistema que revela un sorprendente comportamiento complejo en tan sencillo artefacto mecánico (Gleick, 1988: 35).

En los sistemas dinámicos abiertos que son predominantes en la realidad se manifiestan comportamientos oscilatorios, caóticos, inestables, no-lineales, retroactivos, etc., pues en su dinámica interior se producen fluctuaciones, mientras que en sus relaciones con el entorno reciben perturbaciones e interactúan de las más variadas formas e intensidades con otros sistemas dinámicos. Sin embargo, el estudio de estas prolíferas formas de comportamiento parte de un principio central, caracterizado por Lorenz, el cual postula que “en el caos existen patrones de

orden”, de manera que para comprenderlo, ante todo, se debe revelar las interioridades de la dinámica compleja en su comportamiento.

En verdad, la teoría del caos constituye el fundamento, pero es solo un punto de partida dentro de las decenas de teorías y enfoques que han constituido los antecedentes y precursores de la Nueva Revolución del Saber. Por tanto, para ilustrar la evolución de esta concepción no-lineal de la realidad se caracterizarán las ideas de otros investigadores que identificaron nuevas propiedades del comportamiento complejo en disímiles fenómenos de la realidad. Esta pesquisa histórica constituye hoy una premisa esencial para la sistematización de los fundamentos epistemológicos de los estudios transdisciplinarios de la complejidad.

## 2.2. Enfoques de sistemas complejos

Entre las más relevantes contribuciones a la fundacional teoría del caos y, que hoy conforman los estudios transdisciplinarios de la complejidad, están las llamadas teorías de sistemas, las cuales tienen entre sus precursores al científico ruso Alexander Bogdanov (1873-1928) y al biólogo austriaco Ludwig Von Bertalanffy (1901-1972). Aunque las ideas de la Tektología de Bogdanov se sospecha hayan sido incluidas en la teoría general de sistemas (TGS) por Bertalanffy, el mérito del genio austriaco no languidece, pues sus contribuciones fueron revolucionarias para el proceso de integración del saber.

Uno de los más significativos aportes de Bertalanffy fue conservar y enriquecer la noción de *sistema*, heredada de los pensadores griegos, en especial de Aristóteles, quien enfatizaba que sistema significa cosas reunidas e interrelacionadas en un determinado contexto. Además, la visión holística de Aristóteles le permitió comprender la realidad mediante otro concepto clave, enfatizado muchos siglos después por Hegel, es decir, la noción de mediación: ese “tercero” u “otro”, entendido como el conjunto infinito de nexos e interacciones, que establecen los fenómenos en y con su entorno.

Precisamente, el hecho de percatarse de la importancia capital del entorno o contexto, donde se enriquecen de manera infinita las cosas, fue lo que condujo a Aristóteles a formular su famosa idea simiente del enfoque sistémico: el todo es más que la suma de sus partes, es decir, supone reconocer no solo los nexos y las interacciones, sino “lo nuevo” que resulta de ello. Así pues, esta genial idea fue aprovechada muy bien por Bertalanffy para demostrar que en la realidad priman los *sistemas abiertos*. (García Cuadrado, 1995: 198-199) Por tanto, todo organismo vivo constituye un sistema inmerso en el entorno, de manera que intercambia sustancia y energía (luego otros autores incorporaron: información y sentido) con el entorno, que se expresa como importación y exportación, así como constitución y degradación de sus componentes.

Esta visión llevó a Bertalanffy a afirmar, a diferencia de los sistemas cerrados, los cuales se sostienen en un equilibrio muy rígido, que “los sistemas abiertos se mantienen lejos del equilibrio en este estado «estable» caracterizado por un continuo flujo y cambio. Bertalanffy acuñó el término alemán *fließgleichgewicht* («equilibrio fluuyente») para describir este estado de equilibrio dinámico” (Capra, 1996: 39)

Además, según él se deben estudiar “tanto las relaciones internas entre las partes del sistema (tamaño relativo, orden, jerarquía, centralización, etc.) como las relaciones intersistemáticas (lo que privilegia la idea de «sistema abierto») con el medio ambiente y los sistemas externos homólogos, isomorfos o heteromorfos que le rodean” (García Cuadrado, 1995: 198-199).

En la educación convencional, así como en el resto de las esferas de la cultura universal, se pueden encontrar diferentes ejemplos de esta visión de forma dramatizada, una de ellas es la siguiente: “el todo es mucho más que la suma de sus partes” particularmente podríamos decir que la educación formal puede ser considerada como un todo, entonces las partes serían cada una de las disciplinas que se enseñan en la educación formal como las Matemáticas, Biología, Educación Física, Química, Sociología, entre otras tantas, sin embargo ¿todas ellas conforman un todo? Pues no, la educación formal no sólo son

las disciplinas, aunque en las escuelas se enseñe solo eso, la educación mantiene un plus que resurge de las relaciones entre cada disciplina, materia o intervención a lo que denominamos propiedad emergente.

Según García Cuadrado en los sistemas abiertos la entropía puede decrecer y la Segunda ley de la Termodinámica puede no funcionar. Por ello, consideraba que la ciencia clásica debería ser enriquecida por una nueva termodinámica de sistemas abiertos, pero para los años cuarenta “las técnicas matemáticas necesarias para semejante expansión de la termodinámica no estaban a disposición de Bertalanffy, sin embargo, identificó correctamente las características del estado estable con las del proceso del metabolismo, lo que le llevó a postular la autorregulación como otra propiedad clave de los sistemas abiertos” (Capra, 1996: 39).

En esencia, las ideas de Bertalanffy fueron anticipadoras, pues se necesitó esperar varias décadas por los avances de la ciencia en el área de la Termodinámica para que se pudiera desarrollar esta revolucionaria concepción. Al revelarse la naturaleza compleja de los sistemas, su jerarquización con arreglo a sus partes constitutivas y su multifuncionalidad (relación estructura-funciones), todo lo cual conduce a la comprensión de la necesidad de abordar el estudio de los sistemas desde diferentes disciplinas científicas, se fue perfeccionando el enfoque o pensamiento sistémico, del cual ya se tiene cierta sistematización, algo que permite comprender su valor metodológico para el desarrollo de las investigaciones inter y transdisciplinarias (García Cuadrado, 1995: 205).

Hoy los seguidores de Bertalanffy han demostrado la importancia de la TGS para el estudio de los sistemas dinámicos complejos, dentro de los cuales los estudios de las organizaciones sociales han tenido desde la década del sesenta un impulso extraordinario. De manera que la obra de Bertalanffy no solo supera las escolásticas disputas entre los enfoques estructuralista y funcionalista, sino que fertilizó el terreno para comprender a la sociedad como un conjunto de sistemas dinámicos complejos (Gardner, 1963; Katz, y Khan, 1966; Bennis, 1966; Laszlo, 1995; Dieterich, 2005).

En esencia, los continuadores de la obra de Bertalanffy enfatizan el carácter integrador del enfoque sistémico, lo cual lo ha calificado para contribuir al desarrollo de un nuevo lenguaje inter y transdisciplinario que se ha ido difundiendo a todas las áreas de la integración del saber (Bertalanffy, 1981).

En verdad, los éxitos alcanzados por las nuevas hibridaciones interdisciplinarias así lo atestiguan. Por ejemplo, “la Cibernética, la Teoría de la Información, que introdujo el concepto de información como magnitud medible y desarrolla los principios de su transmisión, la Teoría de los Juegos, la Teoría de la Decisión, que analiza decisiones racionales dentro de organizaciones, las matemáticas relacionales, el análisis factorial” (García Cuadrado, 1995: 7), utilizan de una u otra forma conceptos propios del enfoque sistémico, pues la realidad, de la que se ocupan estos saberes, está anidada en sistemas (Forrester, 1968; Aracil, 1983; Laszlo, 1988; Laszlo, 1995; Moreno, 2002a).

Un gran continuador de la obra de Bertalanffy fue el inglés, nacionalizado estadounidense, Kenneth Ewart Boulding (1910-1993) quien venía de la economía y se dedicaba al desarrollo de las ciencias de la administración y de las organizaciones sociales. En su artículo publicado en 1956, titulado: La teoría general del sistema: un esqueleto de la ciencia, Boulding destaca que los sistemas sociales como las organizaciones laborales y los gremios gerenciales desarrollan sus actividades bajo condiciones de alta incertidumbre, por lo que la toma de decisiones por los directivos están condicionadas por una infinidad de factores. Estos sistemas combinan la información con el conocimiento de sentidos globales, estratégicos, tácticos y prácticos, lo que los hacen altamente complejos, de manera que demandan esfuerzos especiales de integración interdisciplinaria y cooperación entre todos los actores sociales involucrados, pues la dinámica de los procesos empresariales de hoy son altamente competitivos y cambiantes.

En su artículo Boulding realiza una útil clasificación de los sistemas de los más simples a los más complejos, ordenándolos en 9 niveles, la cual ha tenido alguna difusión solo entre la élite de los investigadores de estos temas. El valor

metodológico de este esfuerzo de sistematización realizado por Boulding no ha sido justipreciado incluso por la mayoría de los propios estudiosos de las teorías de sistemas y de las demás áreas híbridas afines. Lamentablemente, todavía hoy la obra de este investigador es prácticamente desconocida (Boulding, 1974).

Paradójicamente, el impacto de la obra de Bertalanffy no ha sido solo sobre sus seguidores, sino también ha ejercido influencia hasta en sus más fervientes críticos. Por ejemplo, el filósofo español Gustavo Bueno, con su enfoque gnoseológico, desarrollado en la obra “Teoría del cierre categorial”, donde realiza un balance de varias interpretaciones sobre el holismo y los enfoques sistémicos en la historia de las ciencias y la filosofía, declara su reconocimiento a la obra de Bertalanffy, no obstante al despliegue de toda una riña a algunas de sus ideas fundamentales (Bueno, 1993a: 126-185).

Los estudios interdisciplinarios que utilizan como base metodológica la TGS se están difundiendo por el mundo con gran celeridad y entre ellos en nuestra área geográfica está el Proyecto de Investigación de Integración de las Ciencias de la UNAM, en México.

Precisamente, a finales de la década del sesenta, bajo la influencia de Bertalanffy y de otros investigadores, fue que aparecieron los aportes del Premio Nobel de Química Ilya Prigogine (1917-2003), quien genialmente desarrolló los fundamentos teóricos y la confirmación práctica del comportamiento de las estructuras dinámicas disipativas. Sus trabajos permitieron explicar los mecanismos del advenimiento del orden a partir del caos y de la ruptura de simetría en la dinámica de los sistemas complejos.

Pero, paradójicamente, “la física de sistemas disipativos se desarrolla de forma independiente durante los años 60-70, tras la crisis de la cibernética” (Dupuy, 1993: 56-58). “El concepto de «auto-organización» es aquí retomado por Prigogine para postular la creatividad inmanente de lo físico en condiciones de inestabilidad alejadas del equilibrio termodinámico” (Sanz, 2002: 1).



Prigogine enfatizó con sus estudios otras propiedades del comportamiento complejo de los fenómenos, entre ellos el carácter irreversible del tiempo, en contra de lo establecido en la Mecánica clásica. Así pues, “aquella visión de la ciencia clásica que concebía el universo como un conjunto de procesos reversibles sujetos a leyes deterministas ha tenido que ser finalmente descartada tras el ataque a sus dos presupuestos básicos: «el conocimiento preciso de las condiciones iniciales y la existencia de leyes universales o absolutas con las que opera»” (Boya, Carreras y Escorihuela, 1990: 16). Este nuevo paradigma romperá radicalmente con estos supuestos, mostrando cómo el determinismo y la reversibilidad corresponden más a las condiciones artificiales del laboratorio y a nuestra forma de describir el mundo racionalmente que a la naturaleza en sí” (Sanz, B. 2002, pág. 1).

Los aportes de Prigogine están en la misma línea de Bertalanffy, pues sus ideas contribuyen también a los fundamentos teóricos de los estudios sobre la auto-organización, pues, definiendo los sistemas abiertos, los clasifica en tres regímenes: 1) en equilibrio, 2) cercano al equilibrio, 3) lejos del equilibrio termodinámico. Este último estado de los sistemas complejos es muy común en la realidad, especialmente, en la vida y la sociedad, por lo que sugiere su caracterización detallada.

Cuando el sistema está alejado del equilibrio, este recibe aportes de energía y sustancia que lo mantiene en condiciones lejanas al equilibrio termodinámico. Aparecen así, espontáneamente, nuevas estructuras y tipos de organización que se denominan estructuras disipativas, porque se establece un nuevo orden molecular que corresponde a una fluctuación tan grande, que necesita ser estabilizada por intercambios de energía con el mundo externo. De hecho, las estructuras disipativas pueden tener un comportamiento coherente que implique la cooperación de un gran número de unidades dentro del sistema y permite con ello su reorganización (Dooley, Johnson y Bush, 1995: 10-11).

Precisamente, esta formulación de una nueva termodinámica de sistemas abiertos y en especial, la

demostración de la auto-organización como una propiedad universal de la naturaleza “fue el gran logro de Ilya Prigogine quien usó unas nuevas matemáticas para reevaluar la segunda ley, repensando radicalmente los conceptos científicos tradicionales de orden y desorden, lo que permitió resolver sin ambigüedades la contradicción entre dos visiones de la evolución del siglo XIX” (Capra, 1996: 39).

Se puede valorar el alcance epistemológico de las propuestas de Prigogine, unos las minimizan y otros las sobrestiman, pero lo cierto es que: “La traslación metafórica de los conceptos de Prigogine y sus colaboradores a otros ámbitos de la reflexión y, en particular al ámbito social, no son extraños a sus mismas postulaciones. En *La nueva alianza* vemos una y otra vez un desplazamiento de la reflexión de Prigogine y Stengers de un ámbito de reflexión meramente científico a otras formas de reflexión filosóficas, sociales y políticas” (Mier, 1998: 63-78). Además, sin sobreestimar el alcance de su obra:

las investigaciones de Prigogine dieron la pauta de leyes generales que se verifican en estos procesos organizativos. La personalidad, el sistema inmunológico, una empresa, un partido revolucionario, la sociedad, son sistemas de este tipo. La evolución de las tendencias revolucionarias en el siglo XX puede ser investigada desde esta perspectiva (Guilli, 2001: 1).

Concretamente, la confirmación empírica del comportamiento complejo de los fenómenos y una rica caracterización de sus conceptos fundamentales se puede revelar con claridad en la interpretación física del Experimento de H. Bénard. En el proceso de la convección térmica en los líquidos se revelan conceptos como: comportamientos simple y complejo, perturbación, ruptura de simetría, orden y coherencia del sistema, gracias a la emergencia de propiedades de correlaciones globales entre partes distantes en el sistema (las celdas y sus movimientos de rotación) o de una estructura disipativa (Martínez Álvarez, 2010e: 200).

Se descubre también un doble fenómeno del comportamiento complejo, por un lado se puede predecir (determinismo causal) el devenir de la estructura disipativa (celda), pero, por el otro, el tipo de giro o rotación de ellas (a la izquierda o la derecha) es impredecible (no-determinista, azar) De manera que la perturbación inicial es la que define el tipo de sentido en la rotación. En consecuencia, la relación entre el determinismo (orden) y el azar (desorden) en estos fenómenos físico-químicos revela un peculiar símil con los fenómenos biológicos expresados en la relación mutación-selección natural desde Charles Darwin.

Otros conceptos importantes en este experimento son: sistema alejado del equilibrio, turbulencia, comportamiento caótico, reestructuración, etc., todo lo cual genera variedad de posibilidades de selección y, a la vez, permite la emergencia de nuevas propiedades y correlaciones a nivel macroscópico (referencia al escalado), es decir, el devenir de nuevas estructuras y dinámicas disipativas a escala macro constituyen patrones de interacción y ordenamiento dentro del caos (Espejo, 1994), por lo que se puede lograr un nivel de predicción mayor y se confirma con ello, en el plano experimental, la tesis de Aristóteles de que “el todo es más que la simple suma de las partes”.

Para comprender mejor el alcance gnoseológico del experimento de las celdas de Bénard se puede tomar las reflexiones de Prigogine y Nicolis sobre un símil (o adecuación) realizado en el campo de las reacciones químicas. Ellos realizan una descripción detallada del comportamiento complejo de las reacciones catalíticas de Belousov-Zhabotinski. En esencia, utilizan varios conceptos claves tales como: autocatálisis, autoreproducción, irreversibilidad, reproducibilidad, impredecibilidad, biestabilidad, histéresis, etc., enfatizando que “la autorreproducción que es una de las propiedades características de la vida, es esencialmente el resultado de un ciclo de autocatálisis” (Prigogine y Nicolis, 1994a: 16).

Se puede extraer de estos experimentos una conclusión epistemológica muy valiosa: “es sorprendente ver cómo los conceptos más profundos aparecen de forma completamente

natural en la dinámica interna de un sistema físico-químico modesto y con un aspecto corriente” (Prigogine y Nicolis, 1994a: 21).

En fin, estos autores muestran cómo se combinan en estas reacciones orden y desorden, expresados en el fenómeno de reloj químico. Como en el experimento de Bénard las reacciones de tipo Belousov-Zhabotinski, en condiciones alejadas del equilibrio, producen rupturas de simetrías, establecen correlaciones de gran alcance y generan nuevas propiedades emergentes (Lewin, 1992).

Precisamente, la *emergencia* de nuevas propiedades, tanto de la estructura como de la dinámica del propio sistema, son las que lo auto-organizan, de manera que las nuevas estructuras disipativas a nivel global (patrones como: celdas, estructuras de diana, frentes espirales, formación de dentritas, etc.), son la garantía para que el sistema logre la auto-organización y eleve su robustez adaptativa en el entorno y que pueda así modificarlo (Prigogine, I; Nicolis, G. 1994a).

Las nociones aportadas por el experimento de H. Bénard y las reacciones catalíticas de Belousov-Zhabotinski permitieron enriquecer el enfoque sistémico de Bertalanffy, pues, como enfatizan Prigogine y Nicolis, en la dinámica de los sistemas complejos se produce, a nivel global, el advenimiento de propiedades cualitativamente nuevas (emergencia), que son frutos no solo de las relaciones entre sus propias partes, sino también de las interrelaciones que establece el sistema con el entorno. De manera que las mediaciones tanto internas como externas, son las responsables de que el todo sea mucho más que la simple suma de sus partes. Este aporte al enfoque sistémico, explicado con mucha nitidez por Prigogine y sus colegas, tiene un valor gnoseológico de real importancia, pues ratifica en el plano científico concreto el enfoque dialéctico intrínseco, tanto en la tríada categorial hegeliana de cantidad, medida y calidad, como de lo universal, lo particular y lo individual, entre otras.

Las estructuras disipativas son las comunes en biología. La célula es una compleja estructura disipativa que se mantiene gracias al consumo

de materiales altamente energéticos procedentes de su entorno y a la liberación a éste de residuos ricos en entropía. Prigogine elabora una teoría que, avalada con abundantes datos experimentales, permite explicar la emergencia de la vida a partir de los procesos de auto-organización (Sanz, 2002: 5).

En consecuencia, se constata la universalidad, tanto de las regularidades de los fenómenos complejos, expresadas en los conceptos que se utilizan en el experimento, como de la tesis central de los estudios de la complejidad, que demuestra la existencia de cierto orden en el comportamiento caótico de los sistemas complejos. A su vez, también confirma la singularidad o carácter irrepetible de cada sistema complejo. Estos dos principios básicos tienen significados gnoseológico y metodológico extraordinarios, especialmente, en el ámbito de los estudios sobre la auto-organización y la auto-poiesis, proceso y propiedad inherentes a los seres vivos y a la sociedad humana (Gibert Galassi, 2001), aunque como se ha visto aquí la auto-organización es inherente a toda la realidad, el universo físico, sus sistemas y procesos químicos también se auto-organizan, tal como se ilustra en la siguiente imagen.



Figura 2. Procesos de auto-organización<sup>1/</sup>

Las ideas de la auto-organización en los sistemas vivos se fueron vislumbrando desde el siglo XIX, pero no fue hasta la

---

<sup>1</sup> Fuente <http://managementplaza.es/blog/se-organiza-equipo-auto-organizado-scrum>

década del 60 del siglo XX que se aborda el tema desde una perspectiva interdisciplinaria (ciencias naturales y sociales) y se establecen los fundamentos del enfoque sistémico. En verdad, los antecedentes de este enfoque vienen desde los años 20 con la Tektología de Bogdanov y los desarrollos posteriores de la Teoría General de Sistemas de Bertalanffy.

Así también, los estudios de la auto-organización fueron impulsados de manera decisiva por los trabajos de Prigogine sobre las estructuras disipativas, así como por la Cibernética y las aplicaciones de las matemáticas no lineales en el estudio de las poblaciones y epidemias. Todos estos y otros avances epistemológicos permitieron profundizar aún más en las propiedades del comportamiento complejo en los sistemas vivos y sociales (Eigen, 1971; Epstein y Axtell, 1996; Maldonado, 2008).

En el plano de la vida social, los estudios que hoy se desarrollan sobre el fenómeno de la auto-organización permiten comprender que “la sociedad y las organizaciones, nacen, crecen se desarrollan y mueren. Cuentan con sus propias reglas y mecanismos internos de auto-regulación y control. Evolucionan a mayores niveles de complejidad sin permanecer estáticos; viven en un medio ambiente que los contiene, y que al mismo tiempo que los amenaza, les exige adaptarse. Y a fin de cuentas el medio ambiente es un resultado de los cambios que se generan en los sistemas” (Cornejo Álvarez, 2004: 6).

Desde la década del sesenta hasta hoy muchos han sido los *avances interdisciplinarios* (física, química, biología, matemáticas y ciencias sociales) en la comprensión de los sistemas complejos (vivos y sociales) Para ello se han utilizado fundamentos aportados por iniciadores y continuadores de los estudios de la complejidad, quienes han propuesto nuevas teorías y metodologías como: *autómatas celulares, análisis topológico cualitativo de tendencias, de mapas dinámicos*, entre otras conquistas.

La presencia de comportamiento complejo en la naturaleza tiene expresiones de todo tipo, además son mucho más frecuentes y extendidas que lo que habitualmente se cree (Waldrop, 1992), entre ellas se destacan las relacionadas con los

fenómenos físico-químicos de la resistencia de materiales y su tensión superficial (fenómenos topológicos), los cuales son de vital importancia para el desarrollo de las nuevas tecnologías en diversos ámbitos. El estudio de la dinámica y estructura no-lineal de los fenómenos multidimensionales, así como la deformación topológica de los más variados objetos y sus superficies, es de vital importancia para el desarrollo de: farmacología, industria alimentaria, extracción del petróleo, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, crisis psicológicas y fenómenos sociales (Prigogine y Nicolis 1994a: 26).

### 2.3. *La topología no lineal*

También en la década de los años sesenta el matemático estadounidense Stephe Smale desarrolló una nueva Topología, que revelaba propiedades caóticas, irregulares y no-lineales de los sistemas y estructuras dinámicas de la realidad física (Smale, 1961; 1967).

En verdad, los estudios topológicos se inician mucho antes que apareciera el término apropiado para designar los fenómenos que se relacionan con esa área de las matemáticas. La palabra *topología* fue usada por primera vez en 1930 por el matemático estadounidense de origen ruso Salomon Lefschetz (1884-1972). También son precursores de la Topología: Leonard Euler, Johann Benedict Listing, Henri Poincaré, W. Thurston, Hassler Whitney, Kenneth Appel y René Thom, entre otros.

La Topología es un área especial de la geometría dedicada a las superficies, tiene relación con materiales maleables, estiramientos, deformaciones estructurales de la sustancia, etc. Se le llama también geometría de la goma o del espacio elástico, pues estudia aquellas propiedades de las figuras geométricas del espacio que mantienen cierta estabilidad estructural, cuando se doblan, dan la vuelta, estiran o deforman (Batard y Estrada Hernández 2006: 166).

Aunque, las aplicaciones de las herramientas de las matemáticas no-lineales solo están iniciándose, ya se tienen resultados prometedores en el estudio de las enfermedades, las

epidemias, las poblaciones, la educación, la economía y la dirección organizacional, etc.

Precisamente el primer gran aporte de Smale fue haber resuelto uno de los problemas más complejos de la Topología, la famosa conjetura de Poincaré sobre espacios de cinco o más dimensiones. A su vez, un impacto muy especial fue ejercido por la famosa Herradura de Smale, con ello este genio logró devolver un área de las matemáticas al mundo real, pues esta comienza a ocuparse de los procesos dinámicos de transformación estructural, que aparecen por doquier en la realidad, desde una grieta en la pared, el rebote de una pelota en la misma pared, el humo del cigarrillo, hasta la espuma de la cerveza en una jarra, etc. (Gleick, 1988: 52-60; Woodcock y Davis, 1994: 21-23).

Sin embargo, el matemático francés René Thom, también en la prodigiosa década del sesenta, se convirtió en fundador de la Teoría de las Catástrofes, pues hizo excepcionales aportes al estudio de los procesos morfo-genéticos, para lo cual elaboró un método topológico cualitativo de interpretación no-lineal (Thom, 1997). Al establecer los nexos entre los conceptos de forma, estructura y sentido Thom elabora un modelo dirigido a la reconstrucción topológico-matemática de la realidad física y la constitución de una ontología regional de los fenómenos estructurales y morfológicos: la denominada nueva topología de la estabilidad estructural (Dold y Eckmann, 1976).

Según René Thom, “nuestra captación de la forma y del orden geométrico es más profunda que nuestra captación cuantitativa del número y la magnitud” (Woodcock y Davis, 1994: 17). Este revolucionario topólogo sigue la tradición pitagórica que asume el valor esencial del reconocimiento de patrones cualitativos en el comportamiento irregular, abrupto, discontinuo o de cambios bruscos y radicales en la realidad, como premisa indispensable para su comprensión científica. Las catástrofes tienen un orden y estabilidad dinámicos, que pueden ser representados cualitativamente por la topología y sus herramientas metodológicas nuevas.

Desde esta perspectiva topológica el reconocimiento de patrones en los fenómenos cotidianos es la clave para



comprender las propiedades esenciales del comportamiento complejo de los fenómenos. Es preciso captar con “el ojo de la mente”, como enseña Thom, el patrón cualitativo que revela la estabilidad estructural de los fenómenos no lineales. Es decir, se necesita identificar, primero que todo, lo global emergente como tendencia en la dinámica y la estructura de los fenómenos multidimensionales y caóticos. Esto es cardinal para el estudio profundo y sistémico de la realidad. En consecuencia, se debe comprender que en la realidad determinadas discontinuidades se expresan como patrones que trazan tanto el ritmo como el esqueleto fundamental de los fenómenos complejos (Woodcock y Davis, 1994: 19).

Estas ideas no eran nuevas en la historia de la filosofía y de las matemáticas, pues ya los antiguos, en especial, Pitágoras y sus seguidores:

distinguían «número» o «patrón», de substancia o materia, y lo veían como algo que limitaba la materia y le daba forma. De manera que ellos se cuestionaban dicha relación: “... preguntas ¿de qué está hecho?»: –tierra, fuego, agua –, etc., o preguntas “¿cuál es su patrón?”. Los pitagóricos preferían inquirir sobre el patrón a hacerlo sobre la substancia” (Bateson, 1972/1993: 449). Esta constituye una idea extraordinariamente avanzada, pues enfatiza lo que “a la postre constituyó uno de los principios centrales en la visión compleja de la realidad” (Capra, 1996: 19).

La visión de Thom se fundamentó en contribuciones filosóficas y matemáticas como estas de Pitágoras y, además, su teoría alcanza un carácter interdisciplinario, porque también se vincula a la física, la química, la biología y a otros saberes, lo cual queda expresado en los conceptos que retoma: patrón cualitativo, transversalidad, estabilidad estructural, similaridad, impredecibilidad, propiedades emergentes y recurrentes, metamorfosis, morfogénesis, homeostasis, homeorhesis, autoreproducción, auto-organización, etc.

La importancia de la Teoría de las Catástrofes para la solución de problemas prácticos fue cuestionada en las décadas de los ochenta y los noventa, debido fundamentalmente al descrédito que alcanzó a manos de varios vulgarizadores, a lo cual contribuyó significativamente la entusiasta pero apresurada labor de aplicaciones de un ferviente divulgador de la teoría de Thom, su amigo el matemático inglés Christopher Zeeman. Una de sus más sugestivas y polémicas ideas fue la referida a la posibilidad de que la nueva topología de la Teoría de las Catástrofes podía tender un efectivo puente “sobre el abismo entre los hallazgos cuantitativos de la neurofisiología y las descripciones cualitativas de la psicología” (Woodcock y Davis, 1994: 34).

Sin embargo, aunque esta y otras ideas de Zeeman eran demasiado aventuradas para su tiempo, no eran del todo descabelladas, pues luego Thom y sus continuadores pudieron desarrollar estudios en la biología que confirmaban, en principio, las previsiones de Zeeman. Por ejemplo: “Mientras Waddington había visualizado un cambio cualitativo –la diferenciación inicial de un brazo o una pierna o la aparición de un nuevo rasgo heredado– como un arroyo que fluyera hacia un nuevo canal, Thom lo veía como la emergencia de una nueva singularidad que configuraba el curso posterior del proceso” (Woodcock y Davis, 1994; 39).

Precisamente, uno de los pioneros en la aplicación exitosa de la Teoría de las Catástrofes a los fenómenos biológicos fue C.H. Waddington, quien acuñó el término homeorhesis para explicar el peculiar modo en que se manifiesta el principio de la estabilidad estructural. En síntesis, su aporte radica en que reveló la existencia de otro estado de estabilidad dinámica en el funcionamiento de las células, los órganos y sus subsistemas. Ya se conocía uno general más estudiado: la homeostasis (el mismo estado dinámico o equilibrio dinámico entre sistema-entorno), luego Waddington revela la existencia de la homeorhesis, como el mismo camino y torrente de cambios dentro del sistema ya prediseñado, los cuales son esenciales para la morfogénesis en los procesos de configuración de la dotación genética de los individuos y las especies (Woodcock y Davis, 1994: 25-26).

En fin, las ideas rectoras, principios y conceptos básicos del comportamiento complejo de los fenómenos biológicos, caracterizados por la nueva topología de la estabilidad estructural, se fueron revelando poco a poco en los más diversos procesos de la vida. Así también, otros fundadores y continuadores se pueden constatar en la vasta literatura sobre estos temas. Por ejemplo en la Biología de los años 50 se reconoce a Paul Weiss como un precursor de los estudios de la complejidad de los seres vivos, pues realizando un estudio de las estructuras y funciones de las mitocondrias pudo constatar la emergencia de singularidades propias de un sistema complejo.

Incluso mucho antes, ya en 1917, D'Arcy Thompson había demostrado que la forma o el esqueleto de un pez en una cuadrícula podía ser transformada hasta convertirla en la forma o esqueleto de un predecesor en la evolución, de manera que la transformación de tales imágenes visuales anticipaban la aparición de una nueva topología cualitativa. Además, entre los iniciadores de la teoría topológica cualitativa de la estabilidad estructural se destaca el físico alemán Bernhard Bavink, quien en 1941 sugirió priorizar el estudio cualitativo de los patrones y formas en los sistemas vivos, pues recomendaba aplicar una nueva matemáticas que combina el cálculo de variaciones con la teoría de grupos (Woodcock y Davis, 1994: 34).

#### *2.4. La geometría fractal*

Desde la década de 1960, Benoit Mandelbrot se propuso estudiar:

fenómenos no explicados del mundo natural, como las ráfagas aparentemente casuales de interferencias en las emisiones de radio, las crecidas del Nilo, y las crisis de la Bolsa de valores. Se dio cuenta de que las matemáticas tradicionales eran incapaces de expresar adecuadamente este tipo de fenómenos (Woods y Ted, 2005: 18).

Con la obra de Mandelbrot en la segunda mitad del siglo XX, la geometría fractal se convirtió en una nueva rama de las matemáticas. Con ella se comenzó a considerar la simetría de los fenómenos desde una nueva perspectiva, es decir, la simetría de invarianza de escala. Esta explica la razón de que algunos objetos se parezcan a sí mismos independientemente de la variación de la escala de observación. Por ejemplo, una ramita pequeña arrancada de un brócoli, seguirá siendo como un pequeño brócoli; una rama de pino de navidad, se verá como si fuera un pequeño pino recién crecido, la imagen de un arroyuelo y sus bifurcaciones, será una copia fiel de una foto de un río caudaloso con sus afluentes, etc.

Esta nueva geometría tiene como emblema el famoso Conjunto de Mandelbrot: extraordinaria estructura generada a partir de una iteración simple de números complejos que impactó y maravilló al mundo de las artes plásticas (Mandelbrot, 1987). Fue precisamente en las artes plásticas donde mayor aceptación tuvo la geometría fractal en sus inicios, debido a la belleza de las creaciones que salían de la naciente tecnología de las computadoras personales en la década del 80 del siglo pasado. En Estados Unidos y Europa se llegaron a exponer en galerías de arte, obras obtenidas por computadoras, salidas de simples algoritmos de iteración.

La geometría fractal contiene a la de Euclides como caso particular. Las líneas rectas, lo regular, las figuras geométricas que tradicionalmente son enseñadas en la escuela primaria, no son más que modelos de una realidad mucho más rica y diversa: la realidad de las formas irregulares, de los objetos naturales, de las estructuras vivientes en general. La nueva geometría permitió revelar las propiedades más íntimas de la naturaleza, subrayando la necesidad de representar a los fenómenos tales como ellos son, en toda su riqueza como elementos multiformes, fraccionados y difusos. Por estas razones es que se dice que la geometría fractal es la geometría de la naturaleza.

Bajo el imperio de las costumbres, las tradiciones, casi siempre:

nos hemos limitado mentalmente a considerar situaciones que son realmente ideales, como las figuras geométricas. En la naturaleza estas figuras son la excepción, mientras que la mayoría de las figuras que hay a nuestro alrededor son fractales. Aunque parezca increíble, ¡este hecho tan contundente no había sido considerado en serio durante muchos siglos por la humanidad! (Alonso, De la Fuente, et. al., 1996: 1).

En verdad, Mandelbrot comienza a publicar discretamente por primera vez a inicios de la década del cincuenta aún sin existir el término “fractal”. Con los años parecía que sus investigaciones marchaban por caminos divergentes, pero luego, con sus dos primeros libros, logró revelar la unidad que había en sus trabajos (Mandelbrot, 1997), lo cual, como sabemos, terminó en el nacimiento de una nueva disciplina científica. Esta nueva disciplina tiene como mérito excepcional, no propuesto por su creador, el ser de aplicación universal.

En varios contextos Mandelbrot encontró patrones, por ejemplo, dentro de casos particulares de la economía identificó tal propiedad en el problema de las rentas a diferentes escalas y del precio del algodón en el mercado. Mientras que en la fisiología reveló los patrones expresados como ramificaciones de estructuras internas del cuerpo humano y de los procesos que allí se realizan. Así también en la transmisión de datos por cables metálicos determinó la existencia de errores de transmisión aparentemente aleatorios. A su vez, en las estructuras naturales también detectó patrones, por ejemplo, en nubes, montañas, ríos, etc.

A la geometría fractal se le reconoce, según se dijo, como la geometría de la naturaleza y, en especial, tiene un papel fundamental para la comprensión geométrica del caos determinista, algo que le ha dado el crédito de ser la primera disciplina de las matemáticas que posee una definición de dimensión con significado físico. Anteriormente, las definiciones matemáticas de dimensión eran funcionales solo

para sí, sin embargo, hoy se reconoce que la dimensión fractal es un número, por lo general fraccionario, que ayuda a la cuantificación espacial, lo cual revela en qué medida se llena el espacio ocupado. La determinación de la dimensión fractal de los fenómenos y sistemas complejos tiene un radical valor metodológico y ha tenido ya aplicaciones en las más diversas áreas de la realidad.

Un ejemplo concreto de esta realidad es el grado de llenado del espacio, el cual no tiene que ser necesariamente el mismo para dos objetos similares, en el caso del embalaje de un cubo sólido y de otro hueco del mismo tamaño, si se invierte la misma cantidad de material y se ocupa el mismo volumen, no se llenará de igual manera.

De la geometría fractal han salido conceptos muy importantes que han sido transferidos a otras ramas del saber, algunas tan distantes como las ciencias sociales. Entre sus conceptos y principios más conocidos están: auto- semejanza, auto-afinidad, fractalidad, dimensión fractal, lagunaridad, percolación, anidamiento, hologramático, entre otros, además de haber propiciado la introducción de un nuevo significado al fenómeno del escalado, como un proceso clave en la investigación, directamente derivado como consecuencia de la aplicación de la simetría de invarianza de escala al proceso consciente de observación de los sistemas complejos.

La geometría fractal tiene un especial significado para la comprensión holística de la realidad, pues permite revelar la naturaleza compleja de la relación dialéctica entre el todo y las partes, a través no solo de la identificación de las diferencias entre los distintos tipos de totalidades, los cuales, en lo fundamental, ya han sido clasificados a lo largo de la historia en todas las disciplinas científicas, sino, especialmente, mediante el rigor que exige hoy el examen de los fenómenos desde la comprensión de su fractalidad y de lo que ello implica para el estudio de su dinámica compleja.

La Teoría de los Fractales ha sido mejorada por varios continuadores desde los finales de los años ochenta, especialmente, por el matemático inglés Michael F. Barnsley, quien descubrió la transformación fractal, capaz de detectar

fractales en fotografías digitalizadas. Este hallazgo permitió las aplicaciones fractales de imágenes, base de la multimedia (Barnsley, 1988). Así también, hoy ya existen revolucionarias aplicaciones de la geometría fractal en casi todas las esferas de la actividad humana.

### *2.5. La lógica borrosa y sus aplicaciones*

Una de las áreas del conocimiento en la que se efectuó un viraje revolucionario, también desde la década del sesenta del siglo XX, fue en *la lógica*. La idea de que en la lógica se debe razonar con dialéctica es muy vieja, desde el pensamiento holístico oriental (Budismo, Confucio, Mencio, Xun-Zi, Lao-Tse y Taoísmo, Mo-Tsu, entre otros) y griega antigua: Heráclito, la Escuela de los Estoico-megáricos (Zenón de Elea), los Sofistas (Protágoras), pasando por Santo Tomás de Aquino, Guillermo de Occam, Baruch Spinoza, Federico Hegel (padre de la lógica dialéctica), hasta la lógica dialéctica materialista del Marxismo-Leninismo.

Se considera a Charles Peirce (1839-1914) como un precursor del pensamiento lógico borroso en la modernidad, pues anticipó ideas que enfatizaban el carácter relativo del conocimiento humano y las imprecisiones e inexactitudes del pensamiento lógico. También antecedentes claros de la nueva lógica fueron los estudios de varios filósofos, matemáticos y lingüistas sobre las vaguedades, contradicciones o imprecisiones del pensamiento lógico en la primera mitad del siglo XX.

Uno de sus precursores fue el filósofo y matemático británico Bertrand Russell (1872-1970), quien estimó que la vaguedad en el lenguaje se puede determinar según el grado de precisión y a ello puede contribuir la lógica polivalente. Así también, el filósofo de la ciencia austriaco Ludwig Wittgenstein (1878-1951) estudió las formas en las que una palabra puede ser empleada para muchas cosas que tienen algo en común. Además, Indiscutibles iniciadores del nuevo viraje en la lógica fueron los filósofos polacos Jan Lukasiewicz (1878-1956) y Alfred Tarski (1902-1983), el primero fue quien creó la lógica de vaguedades, pues representó los conjuntos con un posible

grado de pertenencia con valores de 0 y 1, después los extendió a un número infinito. Luego, esto fue mejor fundamentado por ambos pensadores con sus contribuciones a la lógica polivalente en general y al cálculo proposicional en particular.

En los años de la década del sesenta el ingeniero eléctrico, nacido en Bakú y de origen iraní, Lofti Asker Zadeh (1921- ) creó la lógica borrosa o difusa (fuzzy logic), que combina los conceptos y los conjuntos de Lukasiewicz y Tarski, mediante la definición de grados *de pertenencia*. Con el desarrollo de esta nueva versión de la lógica se superan las limitaciones de las teorías anteriores y se establecen nuevos métodos cualitativos de análisis que revelan con más exactitud el comportamiento de los sistemas dinámicos no-lineales. De hecho, “la teoría de los conjuntos borrosos... es un acercamiento lógico a la complejidad o dicho de otra manera, es el elemento de conexión entre la lógica y la complejidad” (Diegoli, 2003: 5).

El aporte radical de Zadeh se concreta cuando logra, con sus tesis sobre los *conjuntos borrosos*, enriquecer los fundamentos del álgebra de George Boole (1815-1864), pues la convierte en un caso particular de su nueva concepción. Por tanto, su lógica resultó ser más general y mucho más adaptable a los casos reales. Entre las contribuciones de esta lógica se destacan no solo la dialéctica idea de los *grados de pertenencia* de las cosas, sino también las nociones de: *medidas de posibilidad, de probabilidad, de plausibilidad y de credibilidad*, entre otras (Zadeh, 1965/1992; 1973a; Zadeh, 1973b).

De sus aportes destaca también su noción de conjuntos difusos, los cuales no son más que sistemas naturales y sociales, que tienen implícito un cierto grado de difusidad en la descripción de su esencia, estructura y comportamiento dinámico. Esta imprecisión puede estar asociada con su forma, posición, relación, movimiento, momento, color, textura, o incluso en la semántica que describe lo que son.

Sobre los peligros del pensamiento dicotómico en las Ciencias Sociales es muy ilustrativa:

la sentencia formulada por el físico e intelectual Carles P. Snow que dice: “(...) el



dos es un número muy peligroso”, refiriéndose a los asuntos de la lógica binaria y del pensamiento dicotómico tan arraigado en algunas corrientes del pensamiento social, sigue teniendo aún vigencia, a pesar de que hay propuestas como las de Jerome Bruner que difieren sustancialmente, con su división singular de modos de pensamiento: narrativo y paradigmático (Snow, 1977, citado por Cisneros, 2001: 3). (Andrade y et. al., 2002: 11).

Han existido disyunciones o separaciones arbitrarias como el mito de las dos culturas, es decir, entre Ciencias Naturales (nomotéticas) y Ciencias Sociales y Humanidades (ideográficas); entre los estudios del mundo moderno occidental civilizado y los estudios de las culturas tradicionales y orientales; entre el pasado (Historia) y el presente (Sociología, Economía, etc.); entre otras separaciones (Espina Prieto, 2003: 13; Wallerstein, 1995) En verdad, la crítica al pensamiento dicotómico, como rasgo esencial predominante en la historia de la concepción heredada (positivista) de la ciencia, ha sido realizada desde los más diversos referentes epistemológicos, y, esa dicotomía, se expresa en la contraposición de los conceptos clásicos de: estructura-función, objeto-sujeto, sociedad-individuo, macro-micro, existencia-conciencia, cambio-estabilidad, cuerpo-mente, sociedad-naturaleza, normal-patológico, cuantitativo-cualitativo, inducción-deducción, todo-parte, análisis-síntesis, etc. (Espina Prieto, 2003: 14).

En muchos casos el mismo concepto puede tener diferentes grados de imprecisión en diferentes contextos o tiempo. En la vida cotidiana son infinitos los ejemplos de fenómenos que no se pueden describir, definir y evaluar con facilidad y precisión, de manera que la lógica borrosa es indispensable para superar esas limitaciones. Por ejemplo, un día cualquier en la temporada de verano no es exactamente igual a otro en invierno. Los matices y gradaciones de los valores que se miden en un fenómeno dependen fuertemente de disímiles

factores, por lo que *la borrosidad es inherente a los límites, la estructura y las funciones de todos los sistemas complejos.*

Según Zadeh (1992), las ideas centrales y principios de la lógica borrosa son:

- Todo es cuestión de grado.
- El razonamiento exacto es un caso límite del razonamiento aproximado.
- El conocimiento es una colección de restricciones difusas sobre un conjunto de variables.
- La inferencia es una propagación de un conjunto de restricciones difusas (elásticas)
- Un sistema difuso es resultado de la “*borrosidad*” de un sistema convencional.
- Los sistemas difusos operan con conjuntos borrosos en lugar de números.
- Los sistemas borrosos imitan la dinámica flexible del razonamiento humano (Zadeh, 2005).

En síntesis, la lógica borrosa es una rama o área de la *inteligencia artificial* que se fundamenta en la tesis central de que “todo es cuestión de grado”, lo que permite manejar información vaga o de difícil especificación si pretendemos hacer cambiar, con esta información, el funcionamiento o el estado de un sistema específico. Por tanto, con la lógica borrosa es posible gobernar un sistema por medio de determinadas reglas, las cuales se refieren a cantidades indefinidas. Estas reglas pueden ser aprendidas por los *sistemas complejos adaptativos*, que aprenden a 'observar', tal como operan las personas. Estas ideas tienen un especial valor para el estudio de la *auto-organización* de los sistemas complejos.

En los inicios de la década del setenta fue desarrollado un sistema de control para un equipo de ingenieros, usando la experticia de un operador humano. Este original plan, llevó a la creación de un *sistema basado en la teoría de decisión bayesiana*; un método de definición de probabilidades en situaciones inciertas que consideran eventos reales, para modificar predicciones acerca de futuros resultados.

Los primeros éxitos concretos de la lógica borrosa tuvieron lugar en Europa, pues el Ingeniero británico Ebrahim Mamdani, fue el primero en usarla en un sistema de control práctico y esto sucedió casi por accidente. También Mamdani produjo un controlador difuso basado en una combinación de lingüística y variables matemáticas. A finales de la década de los sesenta, dos ingenieros daneses, Lauritz Peer y Jens Jurgen desarrollaron el primer sistema de control difuso comercial para un horno de cemento; luego hicieron otro para un horno de frutas en Suecia y así lo aplicaron a otras esferas de la industria.

A su vez, esta nueva lógica enriquece el desarrollo de la inteligencia artificial, combinando la experticia humana con una serie de reglas lógicas muy efectivas, aprovechando las nuevas técnicas desarrolladas por Lofti Zadeh, es decir, algoritmos para análisis y toma de decisiones en sistemas complejos.

Uno de los grandes propulsores de los avances prácticos de la lógica borrosa ha sido el japonés Bart Kosko (1960- ) de la *University of Southern California* y del *Laboratory for Internacional Fuzzy Engineering Research*, quien ha logrado vincular esta lógica con decenas de teorías de avanzada, que tributan al torrente de los estudios de los sistemas complejos. De hecho, “se debe a Bart Kosko la propuesta de un teorema con soluciones algebraicas para calcular la entropía de cualquier sistema borroso, y, en esta forma resolver las paradojas. El cálculo de la entropía borrosa, sirve para: «saber en qué medida un conjunto presenta límites precisos entre sus elementos, o bien sus límites son difusos»” (Cisneros, 2001: 138).

Además, Kosko y sus colaboradores desarrollan investigaciones fundamentales y prácticas que han permitido concretar avanzados autómatas, robots y diferentes tecnologías de punta, que hoy están siendo utilizados en instituciones científicas, hospitalarias, en la vida pública y doméstica (Kosko, 1995).

Entre las aplicaciones más difundidas de la lógica borrosa están los sistemas artificiales difusos, que pueden ser usados para estimaciones, toma de decisiones y mecanismos de sistemas de control como son: aires acondicionados, computadoras, equipos médicos (de ventilación asistida, de

diagnóstico avanzados, tomógrafos, etc.), lavadoras domésticas, control de automóviles, edificios inteligentes, control de procesos robóticos industriales, aeronáutica, etc. De hecho, con solo dar un vistazo a nuestro alrededor se evidencia que las aplicaciones de la lógica difusa invaden todas las esferas de la vida social.

En resumen, simultáneamente en las décadas de los años sesenta y setenta no solo aparecen, sino se comienzan a interrelacionar diferentes teorías revolucionarias, teniendo como centro la fundacional teoría del caos de Lorenz. Entre ellas han sido caracterizadas aquí: la teoría general de sistemas de Bertalanffy, los estudios de Prigogine sobre las estructuras dinámicas disipativas, la Topología cualitativa de nuevo tipo, iniciada por Smale, la cual fue enriquecida sustancialmente tanto por la teoría de las catástrofes de Thom, como por la geometría fractal de Mandelbrot. A su vez, un especial significado para una flexible y cabal comprensión de los sistemas dinámicos complejos ha tenido la creación por Zadeh de la lógica borrosa. Todas estas teorías siguen enriqueciendo los estudios transdisciplinarios al pertrecharlos de un vasto arsenal de ideas, principios, nociones, conceptos y métodos que van conformando su emergente epistemología.

Ahora bien, la profusión de teorías y enfoques hacen muy difícil el trabajo de sistematización, de manera que se precisa revelar los fundamentos epistemológicos comunes de todas estas contribuciones.

### **3. La epistemología transdisciplinaria de la complejidad**

Todas estas teorías y otras no descritas aquí tienen un valor epistemológico extraordinario para el estudio de la dinámica de los sistemas complejos y su auto-organización, tanto de los sistemas biológicos como de los sociales. Solo desde un enfoque emergente que enfatice la necesidad de tolerar, asimilar y comprender el caos, revelando el orden en el desorden, en lo irregular, en lo no lineal, en el azar, etc., es que se puede conocer y resolver problemas tan complejos como las

oscilaciones, la turbulencia, la formación de estructuras complejas en todos los niveles del universo, el origen de la vida, sus procesos auto-sostenidos y de auto-reproducción, el funcionamiento del cerebro y de los demás órganos y subsistemas de todos los seres vivos, la evolución de las enfermedades y las epidemias, el equilibrio dinámico del ecosistema terrestre, así como los sistemas sociales y sus complejos procesos organizativos y de auto-organización.

De hecho, hoy los *estudios transdisciplinarios de la complejidad* están creando las herramientas cualitativas para comprender estos fenómenos e, incluso, ya hace algún tiempo se están diseñando autómatas de todo tipo que están funcionando bajo los principios de los *enfoques de la complejidad*. Solo basta mirar los equipos médicos de tecnología de punta o algunos de los efectos electrodomésticos nuevos (computadoras, lavadoras, celulares, etc.), que tienen incorporado programas de control basados en la no-linealidad, borrosidad, fractalidad, retroalimentación, etc.

Aunque todas las teorías y corrientes han contribuido de una u otra manera a la construcción de *los fundamentos epistemológicos de la complejidad*, esto no significa que ya se haya elaborado una teoría o un enfoque epistemológicamente maduro, íntegro y coherente.

Precisamente todavía hoy, como resultado de la gran profusión de teorías y enfoques que se integran para gestar una nueva epistemología (emergente, en formación), se produce un peculiar y controvertido fenómeno, pues todavía la comunidad de complexólogos no se ha puesto de acuerdo con la propia denominación de este amplio campo de integración del saber. Por ello, sus iniciadores son “precursores de un pensamiento que, todavía hoy, cercanos a la expresión “casi un siglo después”, no termina de construirse, empeñado quizás en una deconstrucción permanente para ser coherente con sus principios fundamentales” (Andrade, et. al., 2002: 2).

Aquí se necesita una nueva salvedad. Es muy importante no caer en las falacias propias del paradigma neo-positivista todavía imperante. En esta línea Najmanovich argumenta que

el tránsito hacia un pensamiento complejo no implica meramente un cambio de paradigmas, sino que se trata de una transformación global de nuestra forma de experimentar el mundo, de co-construirlo en las interacciones, de producir y validar el conocimiento. La pretensión de “enchalecar” la complejidad en un paradigma o de pretender que se trata meramente de una nueva metodología, constituye un enfoque no sólo simplista sino peligroso de la complejidad (Najmanovich, 2002: 1).

Son indispensables elaboraciones epistemológicas que aprovechen las emergencias teóricas que sintetizan y re-crean un nuevo lenguaje con ideas, principios, términos, conceptos, métodos, técnicas y procedimientos, que sean tanto reinterpretaciones como novedades transdisciplinares, provenientes de los esfuerzos de integración de las diferentes disciplinas, pues cada una por su lado no pueden ni comprender ni encontrar soluciones a los fenómenos complejos.

Por ello, en el orden epistemológico, todavía hay discrepancias en cuanto a la sistematización de sus elementos constitutivos, pero se puede reconocer ciertos ordenamientos didácticos:

- Denominaciones de los estudios de la complejidad.
- Teorías y áreas de integración de conocimientos.
- Principios explicativos.
- Nociones, conceptos y propiedades del comportamiento complejo.
- Métodos, técnicas y procedimientos científicos no lineales.

Aquí solo se expondrán algunas ideas sobre estos asuntos. De hecho, son muy cuestionables aun las propias denominaciones de este amplio campo científico e intelectual, de manera que han existido en la literatura una gran cantidad de propuestas:

- Ciencia no lineal (varios autores desde la década del 20, en especial en la URSS).
- Teoría del caos (Lorenz, 1963).

- Tercera Ola o de la epistemología integradora (Toffler, 1980).
- Filosofía de la inestabilidad (Prigogine, 1989).
- Galaxia Auto (Dupuy, 1993).
- Pensamiento complejo (Morin, 1994a).
- Sistemas complejos o complejidad (Gell-Mann, 1998).
- Constructivismo radical (Von Foerster, 1998) (Anexo 3).
- Ciencias de la complejidad (Maldonado, C, 1999).

La mayoría de los autores consideran que estos estudios están constituidos por “un magma de teorías procedentes de diversas disciplinas que convergen por diferentes vías en torno a un nuevo concepto de orden. Este paradigma emergente se caracteriza por apuntalar, frente al mecanicismo reduccionista, la imagen de un universo intrínsecamente creativo” (Sanz, 2002: 1).

Según lo expuesto hasta aquí, a esta área es preferible llamarle *estudios de la complejidad*. Para ello se toman en consideración varios argumentos:

1. Los *estudios de la complejidad* constituyen un colosal campo científico-intelectual de integración del saber, iniciado con la teoría del caos y enriquecido con otras teorías y creaciones, desarrolladas desde la década del sesenta gracias, primero, al vínculo creciente entre física, química, biología y matemáticas, así como a la posterior incorporación de otros estudios inter y transdisciplinarios, desde saberes sociales y humanísticos. Son, además, efectivos logros teóricos y prácticos, gracias a la creación de nuevos métodos y tecnologías de punta. Hoy estos estudios alcanzan cada vez mayor reconocimiento social y creciente institucionalización, pues, cuestionando y transformando los más establecidos preceptos de la ciencia moderna, logran fusionar estrategias de investigación de diferentes campos científicos, que les han permitido encontrar alternativas y soluciones a los más complejos problemas en diferentes esferas de la actividad humana (Espina Prieto, 2003).

2. Este campo no es y ni siquiera aspira a ser una Teoría de teorías o una Ciencia unificada, sino ha sido desde sus inicios un espacio de trabajo cooperativo en equipo, que promueve la integración de saberes, a la vez que potencia las propias disciplinas.
3. Constituye más bien un sistema de enfoques de naturaleza sistémico-integradora, que recién comienza con la creación de una nueva comunidad lingüística y la consiguiente reconstrucción, transversalidad e hibridación epistemológica y metodológica que debe evolucionar de la inter a la transdisciplina. Estos son estudios emergentes desde diversas disciplinas científicas, otros saberes y formas de la cultura, tales como: filosofía, pedagogía, psicología, dirección organizacional, sociología, antropología, enfoques sistémico-complejo (dinámica de sistemas), teoría del caos, teoría de la información, cibernética, teoría de los juegos y de las decisiones, geometría fractal, teoría de las catástrofes, topología cualitativa, constructivismo, hermenéutica, semiótica, grafología (teoría de las escrituras), teoría de grafos (de conexión estructural y dinámica de flujos), teoría de estructuras dinámicas disipativas, lógica borrosa, bioética, bioenergética, hipnosis, holismo oriental, tales como: ideas, sentencias y principios del brahmanismo, el zen, tai chi, yoga, taoísmo, acupuntura, su jok, entre otras.
4. Por esta diversidad y contrapuestos referentes filosóficos, teóricos y metodológicos, es lógico que “no podemos aún referirnos a ello como un corpus teórico unificado, ya que uno de sus elementos diferenciadores es el hecho de que científicos de reconocido prestigio (entre ellos varios premios Nobel) de ramas tan diversas como la biología, la química, las matemáticas o las ciencias sociales estén haciendo converger sus disciplinas en el estudio de sistemas complejos” (Nuño Solinís, 2005: 361).
5. La gran diversidad de ideas, teorías y enfoques dificulta con creces el consenso terminológico y semántico necesario. De manera que en esta etapa tan incipiente de su desarrollo se produce cierto rechazo, por parte de la comunidad científica, al manejo de términos tan definitivos para englobarlos como



- teoría o ciencia y mucho menos en singular, pues pretender eso ya denota el típico apego a la racionalidad reduccionista heredada del positivismo.
6. Para intentar un acercamiento a ese consenso necesario se propone aquí un término más genérico y flexible como estudios, pues se parte de la idea de que todavía no se ha logrado la madurez epistemológica que exige la coherencia y consistencia de la etapa de la ciencia normal, usando el lenguaje de (Kuhn, 1962/2000; Kuhn, 1994). También se tiene en cuenta experiencias exitosas en el uso de este término en otras áreas tan amplias de integración del saber, término este que ha facilitado el consenso, gracias a su rápida aceptación y legitimación sociales. Por ejemplo, estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad.
  7. No obstante, a que la o las epistemologías y las metodologías de los estudios de la complejidad está todavía en elaboración, ya se tiene la suficiente masa crítica para iniciar la sistematización de algunos de sus presupuestos teóricos fundamentales, es decir, las ideas, principios y conceptos, así como de muchos de los nuevos métodos, técnicas y procedimientos, que ya se aplican con efectividad en las más disímiles áreas de la actividad social (Diegoli, 2004; Sotolongo, 2007a).
  8. Este nuevo lenguaje de comunicación entre disciplinas debe enriquecerse con la migración, reformulación, fusión e hibridación de nuevos conceptos, métodos, técnicas y procedimientos, pues todavía tiene una alta sobredosis de términos predominantemente físicos, biológicos y matemáticos, así como herramientas metodológicas en incipiente elaboración, generalización y validación social.
  9. Es un proceso científico de integración de sólida inspiración dialéctica que ya logra legitimarse e institucionalizarse, gracias, entre otras razones, a la creciente aplicación de sus conquistas teóricas en la solución de los problemas complejos en diversas esferas de la actividad humana (educación, salud, comunicaciones, industria, etc.)
  10. Considerando su dimensión cosmopolita se acepta con frecuencia en la comunidad académica el uso de términos

más modestos como enfoque, pensamiento, perspectiva, ideas o nociones de la complejidad, los cuales ya tienen amplia aceptación, especialmente, en nuestro contexto latinoamericano. “De un modo u otro, quienes empleamos estos términos para referirnos a la complejidad pensamos en la dimensión filosófico-cognoscitiva y transdisciplinar de las ideas que se formulan” (Delgado Díaz, 2002: 24; Maldonado, 1999; Sotolongo, 2004).

11. En la literatura sobre el tema ya existe una suficiente cantidad de textos generales que intentan resumir e integrar la mayoría de las teorías, enfoques, principios y conceptos sobre la complejidad, lo cual permite realizar un esfuerzo de sistematización como el propuesto aquí.
12. Entre esas fuentes se destacan autores de nuestra región, quienes enfatizamos más la necesidad de hacer una reinterpretación endógena de este profuso torrente, el cual está todavía atestado de prejuicios occidental-centrista, que subestiman con frecuencia las tradiciones ex-socialistas, asiática y latinoamericana en estos estudios. En verdad hoy se debe enfatizar más el contexto histórico cultural de los países de la denominada periferia (Morin, 2010).

Sin embargo, para completar el análisis de los fundamentos epistemológicos de los estudios de la complejidad se precisa sistematizar los principios, conceptos y propiedades (Anexo 4), pero es imposible tratarlos todos aquí por limitaciones de espacio. Ya se han podido mencionar y caracterizar algunos a lo largo de todo el texto y a continuación se reflexiona sobre su noción central.

En general, por complejidad se entiende muchas cosas, las polémicas sobre este término son muy ricas hoy, se enfatizan diferentes aristas de la noción de complejidad. Muchos autores se cuestionan hasta el valor que pudiera tener una definición, pues más bien empobrecería nuestra comprensión de ella. De hecho, es una noción construida a lo largo de la historia de la integración del saber, por lo que se ha enriquecido con las contribuciones de las más disímiles áreas de conocimientos.

Considerando, ante todo, que no se deben olvidar las seminales ideas aquí desarrolladas, y, en especial, la platónica

noción de la *Symploké* para comprender lo complejo como ensamble o entrettejido de cosas en dinámica conexión y desconexión, se puede partir de su origen etimológico; es decir, "... el término 'complejo' viene del latino "complexus" que se deriva del verbo 'complector' (complexus sum: estoy abrazado, enlazado por... Términos españoles equivalentes son: abrazar, entrelazar, envolver. De ahí se pasa al sentido de contener muchos elementos mutuamente relacionados" (Rodríguez De Rivera, 2009: 4).

Sin embargo, la noción de complejidad está todavía en constante elaboración y supone decenas de ideas, principios, términos y propiedades, que están en creciente hibridación conceptual transdisciplinaria. De hecho, su esencia no es reductible a la simple complicación o enredo de elementos en calidad de problema, enigma o anomalía a resolver, pues lo complejo supone problemas, pero no todo problema es complejo (Rodríguez De Rivera, 2008: 2). A su vez, tampoco supone, solo el desconocimiento o inseguridad del sujeto, en sus dimensiones psicológica y epistemológica (Moreno, 2002b: 11-12; González Moena, 1999: 59-73); en verdad, complejidad es eso, pero es mucho más que eso, pues presupone tener en cuenta el conjunto de ideas y propiedades, referidas en el texto y en los anexos. En fin, supone tener en cuenta toda la riqueza concreta de lo que se define como complejo (Binder, 1999).

Varias son las premisas de las cuales se puede partir para la explicación de lo complejo, pues depende de los referentes filosóficos y científicos de quien intenta caracterizar la complejidad. Se sabe que en la literatura han aparecido decenas de definiciones matizadas cada una por el campo disciplinar de quien la formula.

En consecuencia, es preferible para este análisis seguir el hilo conductor de la propia evolución de los diversos referentes epistemológicos tratados aquí. De manera que no es ocioso retomar las ideas de la fundacional Teoría del Caos de Lorenz. Así pues, para una sensata aproximación epistémica a esta noción se debe privilegiar la continuidad enriquecedora que ha tenido el concepto de Caos con las posteriores contribuciones

transdisciplinarias sobre la noción de complejidad (Munné, 1993; 1994; 1995; Navarro, 1997).

Por tanto, ello supone retomar los seis rasgos que caracterizan un *sistema caótico*: 1) su dinámica es inestable o alejada del equilibrio, 2) tiene alta sensibilidad a los cambios en las condiciones iniciales, que llevan al sistema a un comportamiento errático, azaroso y probabilístico, 3) genera retro-alimentación y recursividad, provocadas por las perturbaciones del entorno, 4) la no-linealidad es intrínseca, pero el caos tiende a ser determinista, pues es reductible a un conjunto finito de variables 5) es una mezcla de orden y desorden que genera patrones de auto-organización, 6) es más predecible a corto que a mediano o largo plazo (Gleick, 1988: 30-50; Navarro Cid, 2001: 76-79; Andrade, et. al., 2002: 4-10, 45-47).

Para avanzar más en su comprensión es preciso reconocer, primero, que el *caos* es “una de las propiedades de aquello que caracterizamos como complejo” (Navarro Cid, 2001: 8), además, se deben revelar otras propiedades que evidencian el paso del concepto científico particular de caos a la noción epistemológica transdisciplinaria de complejidad. Ese tránsito ha sido posible no solo porque ha pasado suficiente tiempo de maduración en el proceso de integración efectiva del saber, sino también porque se ha logrado fertilizar cada vez más su sistematización epistemológica y filosófica.

Además, no se debe seguir los manidos esfuerzos positivistas de privilegiar o jerarquizar unas u otras propiedades en aras de argumentar tal o más cual interpretación de la complejidad, sino más bien sería juicioso revelar el carácter multidimensional, inagotable y creativo de la propia labor de sistematización de su o sus epistemologías. De manera que se deben considerar con el mismo valor epistémico todas las contribuciones al estudio de los sistemas complejos, ya sea desde la filosofía, las ciencias naturales y técnicas, así como desde las ciencias sociales y las humanidades, entre otros saberes que están acrisolando el torrente de los estudios de la complejidad.

Sin embargo, existe un cierto conceso en cuanto a que la complejidad es un conjunto de propiedades que denotan la condiciones de existencia de la realidad, reveladas como la tendencia del caos al orden en el entramado proceso de interrelaciones entre los sistemas dinámicos y su entorno, los cuales funcionan alejados del equilibrio (al borde del caos), fluctúan con singular autonomía y cierta estabilidad, no obstante a que su comportamiento sea no-lineal, azaroso, impredecible, borroso, fractal, retroactivo, retroalimentado, etc. La complejidad se expresa también como emergentes redes-rizomas, anidadas en micro, media y macro escalas de la realidad. Además, en sus formas biológica y social, el *sistema complejo* tiende a la *auto-organización*, lo que le permite elevar su *robustez* adaptativa, identitaria y desarrolladora, pues puede transformarse a sí mismo y al propio *entorno*. En fin, la comprensión de la complejidad sería incompleta si no se toma en cuenta el arsenal de principios, conceptos y propiedades, vinculados a ella, muchos de los cuales ya han sido al menos referidos aquí. Hay autores que enfatizan más otras propiedades (Navarro, 1997: 4-8; Velilla, 2002; Nuño Solinís, 2005: 3-6).

En verdad, tanto el lenguaje de la complejidad, como sus métodos y técnicas en creciente elaboración, han sido y están siendo fruto de un intenso y difícil proceso de integración y se desarrollan novedosas aplicaciones, que, esencialmente, se mueven de la inter a la transdisciplinariedad.

Entre estas aplicaciones se destacan las conquistas de la lógica borrosa, la imaginología fractal y la nueva topología funcional, las cuales revolucionan los estudios de diagnóstico y predicción, que ya están siendo incorporados en los equipos de alta tecnología médica, aeronáutica, cosmonáutica, robótica industrial y equipamiento doméstico. Así también, ya tienen indiscutibles éxitos las aplicaciones de los análisis matemáticos no-lineales en el estudio de tendencias de comportamiento de sistemas complejos, mediante del registro y análisis de sus series de tiempo para mejorar el pronóstico, pues constituye una valiosa información para la toma de decisiones, de aquí su importancia creciente para la dirección organizacional.

Por ejemplo, es muy efectiva para que los directivos administrativos y políticos planeen y adopten medidas concretas para resolver situaciones de desastres naturales, epidemias, catástrofes industriales y toda suerte de eventos adversos en la vida social.

En el área de la educación este proceso ha tenido sus particularidades, pues no solo está siendo enriquecida con las contribuciones concretas de los estudios de la complejidad, mediante la renovación de los fundamentos teóricos y prácticos de las disciplinas y asignaturas, sino también se están elaborando metodologías integradoras de enfoques cualitativos, como las de Autómatas celulares y de la lógica borrosa, que utilizan modelaciones y simulaciones matemáticas no-lineales para el diagnóstico de los fenómenos educativos y la búsqueda de soluciones más sostenibles a sus problemas (Romero Pérez, 2008).

Se puede afirmar que ya se está creando todo un nuevo lenguaje, con algunos elementos nuevos y otros renovados y redimensionados, para el estudio de los fenómenos psico-pedagógicos de la personalidad y de las organizaciones sociales. Por ejemplo, entre los términos más conocidos están los siguientes: reflexividad, auto-referencia, restricciones posibilitantes, retro-alimentación, meta-cognición, emergencia, resiliencia, contextualidad compleja, sentido personal, rizomas descentralizados, auto-similaridad, omnijetividad, patrones de interacción social, mixtura identitaria, auto-poiesis, auto-organización, planificación creativa, entre otras.

En consecuencia, resulta indispensable aprovechar todas estas contribuciones aquí resumidas (incluyendo las notas finales y anexos) para poder sistematizar los fundamentos epistemológicos para la construcción de una educación transdisciplinaria, pues desde esta nueva visión sobre el conocimiento científico se podrá actualizar los fundamentos que hoy sustentan la formación y superación de los profesionales en Latinoamérica.

Ahora bien, “es necesario, en efecto, darse cuenta de que es muy difícil y que no es una tarea individual; es una tarea que necesitaría el encuentro, el intercambio, entre todos los

investigadores y universitarios que trabajan en dominios disjuntos” (Morin, 1994a: 20).

El trabajo de sistematización teórica de este tipo de educación en la región solo ha comenzado y supone un esfuerzo colectivo colosal. Por tanto, es muy importante sensibilizar a los investigadores, profesores y directivos de la educación superior con esta situación y promover el estudio de las experiencias en otras partes del mundo en el terreno de la introducción de los paradigmas emergentes en la educación.

## CAPÍTULO II

### **La construcción de una educación transdisciplinaria**

#### **1. Nuevos paradigmas en la educación: algunas experiencias internacionales**

En el último medio siglo el desarrollo de la integración del saber ha permitido todos esos avances inter y transdisciplinarios, expuestos y sistematizado aquí. En muchas partes del mundo, esas conquistas han sido introducidas y aplicadas, desde hace más de dos décadas, en las más disímiles esferas de la vida social. De hecho, decenas de premios Nobel e instituciones académicas de excelencia no solo gestaron esos paradigmas emergentes, sino que se han dedicado a la titánica labor de introducirlos y aplicarlos, en especial, en el plano de la educación.

Como se sabe para que el conocimiento científico se introduzca y generalice en la educación es indispensable un proceso de confirmación investigativa teórica y experimental que propicie, primero, la maduración epistemológica de los fundamentos de la teoría (ciencia normal) y luego, el arreglo didáctico de sistematización de sus fundamentos, así como la elaboración de los métodos, técnicas, medios y procedimientos necesarios para su socialización pedagógica.

Además, se precisa adecuar los propios arreglos didácticos de estas novedades a las particularidades de divulgación en los



medios de difusión masiva, para propiciar su socialización y popularización efectivas.

Por ejemplo, en los Estados Unidos se han desarrollado, introducido y generalizado estos avances en diversas instituciones científicas y universidades, entre las que se destaca el Instituto de Sistemas Complejos de Nuevo México, donde trabajaron, desde la década del sesenta, eminentes investigadores encabezados por Murray Gell-man, Christopher Langton, John Holland, Brian Arthur, Stuart Kauffman, Jack Cowan, Doyne Farmer, entre otros, quienes lideraron eventos internacionales, becas y programas de superación e integración interdisciplinaria en torno al estudio de los sistemas complejos, para investigadores y profesores de otras universidades y centros de investigación del mundo.

Así también, los estudios de la complejidad y demás paradigmas emergentes se han difundido por los Centros para el Estudio de Sistemas No Lineales de las Universidades de Nuevo México, de Santa Cruz, Berkeley y Davis en California, Arizona, Washington en Saint Louis, el Centro para la Investigación de Sistemas Complejos del Instituto Beckmann adscrito a la Universidad de Illinois, las Universidades de Urbana, Harvard, Maryland, Milwaukee, Boston, el Instituto Salk de Estudios Biológicos de San Diego, donde estuvo como profesor invitado Edgar Morin en 1969 y que le permitió conocer la obra de Gregory Bateson, John Hunt, Jacques Monod, Henri Atlan, John von Neumann y Heinz von Foerster, entre otros investigadores.

Más recientemente en las últimas dos décadas, no solo las teorías concretas, sino el enfoque transdisciplinario de la complejidad se ha estado aplicando en el área de la educación en decenas de universidades estadounidenses. Es muy significativo el hecho que los procesos de integración de los paradigmas han estado muy limitados por las particularidades de la sociedad norteamericana y de la vida académica de ese multinacional país, donde la competencia y otros fenómenos de aislamiento gremial e institucional dificultan la integración efectiva de los paradigmas emergentes hacia una educación de tipo transdisciplinaria.

No obstante, en los Estados Unidos se han dado pasos importantes en la introducción de todas esas novedades en la educación. Entre los profesores más conocidos están: Alicia Juarrero, Carl Rubino, Robert Ulanowicz, William Bechtel, Carole McKenzie, Kim James, Alex Bennet, David Bennet, J. Brownlee, N. Purdie, G. Boulton-Lewis, entre otros.

En España en las últimas dos décadas se ha desarrollado mayormente una ofensiva en los estudios sociológicos y psicológicos sobre la dirección organizacional en la educación superior desde la perspectiva de la complejidad, iniciada por Jesús Ibáñez y continuada por varios profesores de diferentes universidades. Especial desarrollo han tenido las aplicaciones del proyecto integral de los estudios de la complejidad en las ciencias del comportamiento, liderado por los doctores Federic Munné Matamala, Santiago De Quijano y Federico Javaloy Mazón en la Universidad de Barcelona, en la cual desarrollaron sus doctorados sobre dirección organizacional Samantha Diegoli, José Navarro Cid y Magi Panyella Roses, entre otros.

Se debe reconocer además:

el trabajo pionero de la Fundación BIO en Euskadi con el desarrollo de la cátedra de innovación “EO2: Ezagutzan Oinarrutariko Osasuna” (Organización Sanitaria como empresa del conocimiento), en la que se estudia la transformación organizativa en Servicios Hospitalarios basada en el uso de los principios emergentes de la teoría de la complejidad (Nuño Solinís, 2005: 368).

Algunas teorías concretas están teniendo aplicaciones crecientes en la educación española. Por ejemplo, son muy prometedores los trabajos sobre aplicaciones fractales en la enseñanza de la informática y la música, realizados por el Grupo de Reconocimiento de Formas e Inteligencia Artificial del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Alicante.

Otras universidades españolas han desarrollado de manera cada vez más intensiva los estudios sobre los paradigmas

emergentes y realizan esfuerzos de integración hacia una educación transdisciplinaria, se diseminan los centros de estudios y cátedras sobre transdisciplina y complejidad pero los esfuerzos se concentran más en los estudios de los paradigmas propiamente que en su integración y adecuación al trabajo educativo. Aunque no es la tendencia predominante, se destaca en esta dirección los trabajos de Clara Romero Pérez y José Rodríguez De Rivera, quienes realizan esfuerzos de sistematización de los paradigmas emergentes y su consecuente aplicación transdisciplinaria a los procesos educativos.

La UNESCO desarrolla una estrategia global de difundir la educación transdisciplinaria, mediante la creación de las Cátedras de Pensamiento Complejo, lideradas por Edgar Morin y sus seguidores. En Iberoamérica la difusión de esa estrategia es acelerada y ha tenido una magnífica recepción por los gobiernos y autoridades educacionales de casi todos los países. En el último lustro han proliferado los intentos de introducir y aplicar en la educación superior las novedades de los paradigmas epistemológicos emergentes en general y de los estudios transdisciplinarios de la complejidad en particular.

En México se percibe la gran influencia de la obra y la acción personal de Edgar Morin, pues se hace patente hasta en el nombre de la Multiversidad Mundo Real “Edgar Morin” de la ciudad de Hermosillo con todo un nuevo diseño curricular fundado en las ideas de la complejidad, donde también han estado colaborando varios profesores extranjeros, entre ellos el destacado complexólogo cubano Carlos Delgado Díaz de la Universidad de la Habana. Además, esa influencia se ha expresado en los trabajos de dirección organizacional del Tecnológico de Monterrey, así como en la Escuela de Graduados de la Normal Superior “Moisés Sáenz Garza” del Estado de Nuevo León, donde también se han realizado transformaciones curriculares a partir de las perspectivas de los nuevos paradigmas emergentes, con especial énfasis no solo en el pensamiento de Edgar Morin, sino en los enfoques hermenéutico y constructivista (García, 2004; Herrera Torres, 2008: 10).

En la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se tienen experiencias de investigación inter y transdisciplinarias, así como aplicaciones curriculares de pre y postgrado a partir de los resultados científicos del Proyecto de Integración de las Ciencias, liderado por su ex Rector el Dr. Pablo González Casanova, quienes han realizado una fuerte labor de divulgación de los paradigmas emergentes, mediante la Revista *Metapolítica* (Cansino, 1998; Bacarlett Pérez, 1998; Gutiérrez Gómez, 1998; Mier, 1998; Torres Nafarrete, 1998; González Casanova, 2004).

Así también, en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) en conjunto con el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, a cargo de Rafael Pérez Taylor y con el Cuerpo Académico de Análisis del Discurso y Semiótica de la Cultura, dirigido por la profesora brasileño-mexicana Julieta Haidar de la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH), se realiza hace ya varios años actividades de postgrado sobre los estudios transdisciplinarios de la complejidad humana, coordinados por Graciela Sánchez Guevara.

Hace unos pocos años, salió a la luz una magnífica compilación conjunta realizada por el investigador mexicano José Félix García Rodríguez de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y el profesor José Betancourt, coordinador de proyectos del *Centro de Medicina y Complejidad*, que reúne varios artículos sobre los fundamentos y la aplicación de los estudios de la complejidad en la esfera de la salud (García Rodríguez y Betancourt, 2010).

En Colombia se destaca, desde hace casi dos décadas, una profusa vanguardia académica en la educación superior dedicada a los estudios de la complejidad, liderada, desde diferentes perspectivas e instituciones, por Carlos Eduardo Maldonado, Marco Antonio Velilla, Juan Carlos Moreno, Nelson Vallejo Gómez, Sergio González Moena, Dora Inés Arroyave, Virgilio Niño, Raúl Gómez Marín, Jorge Sandoval París, Luis Enrique Ruiz, Javier Andrés Jiménez, José Roza Gauta, Sergio Néstor Osorio, Luís Fernando Marín, Luís Enrique Ruíz, Sandra Liliana Londoño, Yuri Romero Picón, Ernesto Lleras Manrique, Eduardo Domínguez Gómez, entre otros. Para tener una visión

general de los avances en Colombia sobre estos estudios se pueden consultar dos compilaciones muy representativas de la obra de estos autores: (Maldonado, et. al., 1999; Velilla, 2002).

De hecho, en Colombia se ha producido un peculiar proceso de eclosión del pensamiento de la complejidad en los centros de investigación y en la educación superior, iniciado y catalizado por las visitas de Edgar Morin en 1997 y 2002 y Fernando Savater, así como por la aparición de la magnífica compilación de artículos realizada por Marco Antonio Velilla y sus colaboradores titulada: *Manual de Iniciación Pedagógica al Pensamiento Complejo* que fuera patrocinada por la naciente Corporación para el Desarrollo Complexus, el Instituto Colombiano de Fomento de la educación Superior (ICFES) y la Oficina Regional de Información y Comunicación y de Representación de la UNESCO para Ecuador, Venezuela y Colombia.

Es muy interesante la afirmación que se realiza en la presentación del libro coordinado por Marco Antonio Velilla, Director Ejecutivo de Complexus, pues denota los naturales y enormes escollos que la academia colombiana tuvo que vencer para difundir estos estudios en el país, especialmente, la resistencia al cambio en el orden mental o paradigmático:

Diferentes motivos impidieron que la primera visita efectuada por el profesor Edgar Morin a Colombia en agosto del año de 1997, pudiera tener una mayor despliegue y repercusión en el sector educativo y en la intelectualidad colombiana. Sólo unas pocas personas tuvieron la ocasión de escucharlo en dos seminarios, organizados, en aquel entonces gracias a los esfuerzos individuales de la Universidad Pontificia Bolivariana y la Universidad de la Salle. Esta visita generó en algunos de nosotros el propósito de una nueva visita, que ya no se limitara a unas conferencias por parte del profesor Morin, sino de una empresa mayor: que invitara a la

reflexión y transformación del pensamiento colombiano, y en la que se pudiera proyectar una estrategia innovadora y ambiciosa para beneficio nacional (Velilla, 2002: 8).

Es muy importante aprender de las experiencias de otras naciones en este proceso de socialización de los avances científicos, especialmente, si se toma en consideración la cercanía cultural con Colombia. Por ello, se puede afirmar que en América Latina esta etapa del cambio paradigmático solo ha comenzado y tiene sus peculiaridades (ventajas y desventajas), asociadas a la realidad socio-política de la presente renovación de la economía en la región, a la cual mucho pudiera contribuir los paradigmas emergentes y, particularmente, los estudios transdisciplinarios de la complejidad.

En el caso de Cuba, parece que la historia se repite al igual que en Colombia, pues las visitas a la isla caribeña de Edgar Morin y de decenas de eminentes estudiosos de la complejidad (Grégoire Nicolis, Stuart Kauffman, Fritjof Capra, Charles Francois, Brian Goodwin, Carl Rubino, por solo mencionar algunos), en los marcos de los Eventos Internacionales organizados por el Presidente de Honor de la Cátedra de Complejidad de la Habana, Pedro Sotolongo, no han tenido el reconocimiento necesario por las autoridades educacionales y políticas del país, incluso, esta indiferencia ha durado demasiado tiempo, toda una década. Sin embargo sobran las lecturas en la red de redes de diversos cubanos relacionadas a los procesos educativos mediante el desarrollo de los estudios de la complejidad y la transdisciplina propiamente dicho.

En Chile existe hace ya más de dos décadas una destacada vanguardia académica en el estudio de los paradigmas emergentes, especialmente, se han difundido mucho los estudios CTS, de la complejidad y el constructivismo. En varias universidades se han estado introduciendo sus avances, además existen decenas de publicaciones científicas y se convocan eventos científicos sistemáticos sobre todas las áreas de integración del saber.

De hecho, no obstante a que en Chile existe una masa crítica grande, para pasar de la teorización sobre estos paradigmas a su introducción en la práctica académica e investigativa, todavía no han podido lograr una verdadera integración institucional en el nivel de la educación superior. Esto ha sido reconocido por los propios chilenos. Aunque:

el fenómeno de la convergencia y colaboración en el sistema universitario chileno ha sido investigado desde enfoques de gestión y política universitaria a nivel institucional (Salazar, 2003; Cáceres, 2003), no obstante, los fundamentos paradigmáticos para la convergencia epistemológica de diversas disciplinas, a nivel intra-interuniversitario y su proyección institucional y curricular, siguen siendo escasamente investigados desde programas formales y transversales en Chile (Oliva Figueroa, 2008: 4).

En fin, en varios países de la región se ha desarrollado una fuerte tradición académico-investigativa sobre los paradigmas emergentes y sus aplicaciones a la educación. Sin embargo, ha resultado muy difícil la generalización de las propuestas de integración, quizá, por no tener una política oficial a nivel nacional que estandarice los programas de estudios, pues el neoliberalismo ha impactado con tal fuerza que la educación se ha atomizado y desarticulado de las estrategias estatales de desarrollo.

Otras instituciones académicas latinoamericanas que se destacan en la introducción de los paradigmas emergentes en la educación son: el Instituto Peruano de Pensamiento Complejo “Edgar Morin” (Salina Gamero, 2001), en el Instituto Internacional de Pensamiento Complejo de la Universidad de El Salvador (Motta, 2000a), en la Universidad Interamericana de educación a distancia de Panamá (Andrade, et. al., 2002), en la Comunidad de Pensamiento Complejo y en varias instituciones académicas de Argentina, donde se realizan investigaciones

prometedoras sobre los paradigmas emergentes y sus aplicaciones en la educación superior (Fried Schnitman, 1994).

## **2. La educación transdisciplinaria: fundamentos para su construcción**

Aunque en este trabajo no es menester tratar el origen y desarrollo de la educación en general, así como tampoco realizar una crítica detallada de sus bases teóricas y, en especial, del concepto de educación, en verdad, se precisa al menos caracterizar algunos de sus rasgos más esenciales y revelar su naturaleza socio-cultural compleja, que ya está exigiendo cada vez más el paso del enfoque inter al transdisciplinario.

En la última década se ha tratado de comprender la educación desde un enfoque más integral, por ejemplo, el profesor mexicano Isaías Herrera Torres, en su tesis doctoral trata la educación desde diferentes referentes, enfatizando su dimensión socio-cultural. Para ello comienza por un detallado estudio sobre su evolución histórica y polemiza utilizando las definiciones más connotadas.

Este autor parte de las nociones más tradicionales que enfatizan la idea de que el concepto de educación debe tratarse considerando sus tres formas lógicas: nominal, descriptiva y real. Así también, sugiere que se debe valorar su significado para cada época histórica, ampliando su comprensión de la educación, tomando en cuenta otros referentes más interdisciplinarios: conceptual, fáctico, posicional, fenomenológico, socio-históricos (Fermoso Estébanez, 1988: 34-42) Además, se pudieran incluir otros aspectos más como: dialéctico, hermenéutico, constructivista, semiótico, etc. (Colom Cañellas y Núñez, 2001).

Desde esta perspectiva integradora y subrayando su dimensión científica es muy atinada la definición que considera a la educación como:

un proceso continuo y permanente, orientado a la formación y desarrollo de la cultura científica, que contribuya a preparar al hombre



para la vida, fundamentalmente con conocimientos científicos vinculados al desarrollo social, de procedimientos y habilidades necesarios para su autoeducación y valores éticos acordes a las necesidades sociales (UNESCO, 2002: 12).

Así también, varios autores latinoamericanos han sistematizado el concepto de educación y, mayormente, privilegian su enfoque histórico-cultural, por lo que se considera a la educación como:

el conjunto de influencias recíprocas que se establecen entre el individuo y la sociedad, con el fin de lograr su inserción plena en ella, o sea, la socialización del sujeto [...]. La educación se refiere tanto a la asimilación y reproducción de los contenidos humanos esenciales, como a toda la práctica social en su conjunto, desde una posición de clase y en un marco histórico concreto (Blanco Pérez, et. al., 2003: 23).

Siguiendo esta tesis de la naturaleza histórico-cultural de la educación, Herrera comparte la idea de Mayer (1967) respecto a que en la noción de educación se debe reconocer que, ante todo, es el reflejo de la estructura socio-económica de cada realidad concreta, de sus creencias religiosas, costumbres, ideales políticos, filosóficos, éticos, etc. (Mayer, 1967). Así también, Herrera brinda reflexiones enriquecedoras desde las perspectivas constructivista y del pensamiento complejo de Edgar Morin, muy valiosas para promover los enfoques cultural y transdisciplinario que necesita la educación latinoamericana hoy (Herrera Torres, 2008).

Sin embargo, en la educación superior se le ha prestado poca atención o no se ha advertido el especial significado que tiene el enfoque que subyace en la siguiente sentencia: "...toda educación auténtica es aquella que ayuda al hombre a crearse a sí mismo... es todo proceso de influencia... de desarrollo del

hombre, al mismo tiempo que el efecto de esa influencia, de esa configuración o de ese desarrollo” (Chávez Rodríguez, 2008: 2).

Es evidente que Chávez subraya la auto-educación (auto-organización en el proceso metacognitivo) y su impacto en la vida social, es decir, la relación del proceso auto-organizativo del sistema singular (de la personalidad) en y con los sistemas que conforman el entorno social. Es decir, este destacado profesor enfatiza la necesidad no solo de transformarse a sí mismo, sino de cambiar y modificar el entorno o los sistemas inmediatos en los que está embebido el individuo en sus: micro, medio (meso) y macro escalas.

Esta reflexión de Chávez pudiera ser o no ex profeso, como fruto de la aplicación de un enfoque dialéctico-complejo de la educación, pero lo más importante es que esta avanzada visión está implícita, pues aunque el autor no hace uso de la terminología de la complejidad, su proximidad conceptual es evidente. Demostrando que urge acelerar el proceso de introducción de los estudios transdisciplinarios en la educación latinoamericana, para comprender a la sociedad, la educación, la personalidad y los colectivos humanos como sistemas dinámicos complejos. Para ello se debe asumir que la sociedad y la educación tienen que ser radicalmente transformadas, pues tanto su actual estructura de redes jerárquicas deben ser sustituidas por rizomas sociales de participación democrática real, así como su funcionamiento todavía atado a las inercias dominantes de la burocracia debe dar paso a la efervescencia creativa de los jóvenes.

Así también, se puede partir de la tesis marxista de la determinación de los antecedentes y fundamentos económicos, políticos, sociológicos, psicológicos, etc., que han condicionado hace medio siglo los radicales cambios en las relaciones sociales a nivel global y regional.

Esas condicionantes históricas se pueden encontrar en varias fuentes, pero, especialmente, en las obras poco divulgadas en nuestra región de investigadores, que se han dedicado al desarrollo de disciplinas aplicadas como sociología y psicología del trabajo y de la dirección organizacional, quienes han sometido a crítica el modelo tradicional de organización

productiva nacido con la modernidad, el cual dejó una negativa huella, pues, desde entonces, “toda la jerarquía administrativa docente siguió, al desarrollarse, el modelo de la burocracia industrial. La propia organización del conocimiento en disciplinas permanentes se fundó sobre presupuestos industriales” (Toffler, 1973/1998: 283).

Por ello, Warren Bennis consideró que uno de los engendros más nefastos de la modernidad fue la burocracia, pues ese estrato social conservador y oportunista de dominación perpetuado, se ha caracterizado por la exageración o abuso de la permanencia, la jerarquía (autoridad) y la división del trabajo, todo lo cual apuntaló, precisamente, uno de los rasgos más típico de la racionalidad moderna: el enfoque disciplinar en la ciencia y en la educación.

Sin embargo, en el último medio siglo se están produciendo vertiginosos cambios en todas las esferas y escalas de las relaciones sociales, especialmente, en sus dimensiones esenciales, a lo que Toffler llama flujo de la situación social o de la trama de la experiencia social. Esas dimensiones son: 1) las cosas (objetos, fenómenos y hechos), 2) lugar, 3) personas (agentes-actores), 4) red de relaciones en la organización (contexto), 5) la información y las ideas, 6) el tiempo, es decir, la duración del tiempo, entendida por transitoriedad (fugacidad) como premisa para la adaptación al cambio (Toffler, 1973/1998: 23).

Precisamente, ante los cambios radicales que está imponiendo la globalización y con ella la Nueva Revolución del Saber se hace impostergable:

imaginar nuevos reguladores personales y sociales del cambio, un conjunto de estrategias creadoras para moldear, desviar, acelerar o retrasar selectivamente el cambio. El individuo necesita nuevos principios para orientar y planear su vida, junto con un tipo de educación radicalmente nuevo (Toffler, 1973/1998: 264).

En las últimas décadas también en la literatura sobre las Ciencias de la Educación se ha caracterizado la crisis

epistemológica de los diversos paradigmas disciplinares, enfatizándose varias carencias y limitaciones tales como: 1) marcadas influencias ideológicas, 2) diversidad de enfoques disciplinares y centrados sobre el aprendizaje (reproductivo, por objetivos, problémico, investigativo, por las TICs, en valores, por competencias, etc.), que impiden o a lo sumo simular su integración, 3) pobre desarrollo acumulativo de conocimientos, 4) falta de un aparato conceptual y categorial integrador, 5) separación entre el desarrollo teórico y la experimentación (Tristá Pérez, 2010).

Posibles soluciones a estas dificultades sobre la construcción teórico-metodológica y la consecuente integración de las ciencias de la educación, ya están emergiendo de los nuevos enfoques epistemológicos holístico, sistémico, hermenéutico, constructivista y de la complejidad, que se intentan reelaborar y aplicar a la educación. Todos ellos se orientan a la promoción y desarrollo de la forma superior de integración del saber: la transdisciplinariedad, ya que intentan asumir y elaborar principios, conceptos y categorías de naturaleza más flexible, es decir, migratorios, híbridos y redimensionados, privilegiando el estudio de fenómenos antes poco atendidos como: cambio, no linealidad, caos, azar, incertidumbre, emergencia, borrosidad, fractalidad, retroalimentación, auto-organización, entre otras. Por tanto, desde estas novedades la educación es comprendida como un conjunto de sistemas dinámicos complejos, anidados unos dentro de otros, tales como: personalidad, organización (familia, escuela, comunidad, empresa, etc.) y sociedad (Dieterich, 2005).

Precisamente, siguiendo esta idea han surgido ya denominaciones desde hace varias décadas, controvertidas por cierto, pero prometedoras a la vez, tales como: pedagogía sistémica, pedagogía de la complejidad (Lipman, 1997), educación fractal (De Rosnay, 1996), educación integradora (Lerbet, 1995; Arroyave, 1998), pedagogía caótica (Vega Mancera, 2003), educación transcompleja (González Velasco, 2010), educación del pensamiento complejo (Morin, 1999; González Moena, 1997).

Mientras tanto, en la región al parecer los complexólogos no han tenido tamaña pretensiones para etiquetar esa nueva perspectiva de estudio de la educación como fenómeno complejo. Más bien se está prefiriendo denominarla de un modo más humilde y flexible como: educación transdisciplinaria, denotando, más que todo, su vocación por la integración o diálogo de saberes.

Sean estas denominaciones plausibles o no, lo más importante es tener una comprensión renovada de la educación, por ello es preciso asumir no solo de palabra sino de hecho el insistido eslogan de la necesidad del cambio hacia una integración transdisciplinaria del saber.

Precisamente, para comprender los avances en esa dirección, se debe admitir que: “en la última década, ha aparecido un “movimiento” intelectual y académico denominado “transdisciplinariedad”, el cual desea ir “más allá” (trans), no sólo de la unidisciplinariedad, sino también, de la multidisciplinariedad y de la interdisciplinariedad” (Martínez Miguélez, 2002: 13).

En verdad, los estudios sobre la integración del saber con sus diferentes prefijos asociados al término disciplina (multi, poli, inter, trans, meta, etc.) se están realizando con mayor o menor fuerza desde la década de los años setenta. Incluso antes, pues Geoffrey Chew en la década del sesenta anticipó que “la ciencia del futuro podrá consistir en un mosaico de teorías y modelos entrelazados al estilo «bootstrap»” (Chew, 1968 citado en Capra, 1996: 58)

Pero, afortunadamente, hoy estos estudios han reverdecido laureles gracias a los procesos de integración en el que se encuentran todos estos paradigmas emergentes de la Nueva Revolución del Saber en general y de los estudios de la complejidad en particular. Es decir, que la transdisciplinariedad está siendo construida desde estas perspectivas integradoras y se concibe como el nivel superior, más complejo y eficiente de interacción y auto-organización de varias disciplinas, con alto grado de cooperación en rizoma (red no jerárquica, sino distribuida), coordinación en base a objetivos comunes participativamente elaborados, en el cual se logra construir un

lenguaje común híbrido y una epistemología nueva, que establece una visión estratégica transversal común (atraviesa todas las disciplinas) como base de un proyecto de transformación consciente y creativo con metodologías más flexibles y viables, con alto nivel de solución sostenible de problemas complejos concretos.

Por tanto, hoy se está exhortando al cambio de la inter a la transdisciplinaria. Es decir, siguiendo la idea de indiscutibles precursores que abogan por los necesarios cambios paradigmáticos, “lo que necesitamos no son grupos interdisciplinarios, sino conceptos transdisciplinarios, o sea conceptos que sirvan para unificar el conocimiento por ser aplicables en áreas que superan las trincheras que tradicionalmente delimitan las fronteras académicas” (Checkland, 1981, citado en Francois, 2009: 4).

A su vez, ya se reconoce que el enfoque o:

espíritu transdisciplinario es reciente y más difícil de alcanzar que el multidisciplinario y el interdisciplinario. Va más allá de las disciplinas, sin atentar contra el desarrollo de cada una de ellas, persigue la multiplicidad de perspectivas y una completa integración de la teoría y la práctica. Aspira a crear un marco epistémico amplio que integre postulados y principios básicos, perspectivas o enfoques, procesos metodológicos, instrumentos conceptuales, etc. (Varona Domínguez, 2008a: 37).

Ideas similares se pueden encontrar en otros autores, ya se trabaja en la sistematización teórica y en algunas propuestas metodológicas transdisciplinarias concretas. Por ejemplo, Basarab Nicolescu estima que: “los tres pilares de la transdisciplinaria -los niveles de Realidad, la lógica del tercero incluido y la complejidad- determinan la metodología de la investigación transdisciplinaria” (Nicolescu, 1999: 4).

Puede afirmarse que, aunque ya se tienen avances indiscutibles en esta forma de integración del saber, la investigación transdisciplinaria:

está constituida por una completa integración teórica y práctica. En ella, los participantes trascienden las propias disciplinas... logrando crear un nuevo mapa cognitivo común sobre el problema en cuestión, es decir, llegan a compartir un marco epistémico amplio y una cierta meta-metodología que les sirven para integrar conceptualmente las diferentes orientaciones de sus análisis (Martínez Miguélez, 2009: 17).

En síntesis, la transdisciplinariedad es la forma superior de integración del saber, donde se trata de construir una nueva epistemología, más bien fruto de la hibridación de los lenguajes y métodos de las disciplinas que participan con un alto nivel de colaboración y protagonismo distribuido, fomentado por un liderazgo natural nacido de la base y con propuestas de soluciones sostenibles y duraderas para los complejos problemas que demandan ese tipo superior de integración y organización del saber. Es, en esencia, un inédito proceso y espacio de comunicación y creación epistemológica y metodológica entre las más disímiles áreas de conocimiento. Por tanto, “la comunicación transdisciplinaria emerge del proceso mismo, siempre y cuando, esté mediada por una didáctica crítica, descentrada, y fundada en la complejidad” (Pupo Pupo, 2007 citado por Herrera Torres, 2008: 130; Klein, 2003: 30-45).

Aunque todavía no se puede hablar de una epistemología de la transdisciplinariedad, existe ya la suficiente masa crítica de conocimientos para acometer esta complicada, pero necesaria tarea de sistematizar sus fundamentos teóricos más generales y hacer propuestas metodológicas que permitan acelerar el proceso de integración del saber, como vía para buscar soluciones sustentables a los complejos problemas sociales que hoy enfrenta la ciencia.

Por tanto, la educación transdisciplinaria tiene como fundamentos epistemológicos varias ideas, principios, fines, conceptos y métodos, atesorados en la historia del conocimiento, los cuales hoy están siendo reinterpretados gracias al creciente diálogo de saberes, es decir, gracias a la integración de varios paradigmas emergentes: CTS, bioética, holismo ambiental, hermenéutica, constructivismo y estudios de la complejidad, entre otras conquistas intelectuales.

En consecuencia, por educación transdisciplinaria se asume aquí esa multifacética dimensión de la educación, que fundada en la integración de los paradigmas emergentes, se orienta a la promoción, divulgación y facilitación metacognitiva de conocimientos, habilidades y capacidades, así como al cultivo del espíritu humano en el diálogo entre educador y educando (junto a otros actores), quienes discuten, se contraponen y complementan, tanto con razón como con pasión, sobre la búsqueda de soluciones a problemas complejos. Es un nuevo tipo de educación que se fundamenta en el enfoque integrador de la perspectiva dialéctico-compleja, que debe ser fomentado por educadores, instituciones, actores sociales y medios de difusión masiva con el fin de facilitar y promover la apropiación de esos valores por todos los ciudadanos (Ardoino, 1997: 6).

Desde la educación transdisciplinaria se concibe al individuo, a los grupos sociales y a la sociedad como sistemas dinámicos complejos, que tienen la posibilidad de auto-organizarse de manera consciente. Para ello, sus protagonistas deben, de manera flexible, crítica y auto-reflexiva, conocer y aplicar los avances epistemológicos y metodológicos de la Nueva Revolución del Saber en su integración transdisciplinaria, así como promover mayor responsabilidad social ante las diversas formas de la actividad tecno-científica y sus impactos, de manera que se pueda potenciar la producción, difusión y aplicación endógena de los conocimientos para fomentar la cooperación entre todos los actores sociales y convertirlos en verdaderos protagonistas en la búsqueda de soluciones sustentables para los complejos problemas sociales.



Para Edgar Morin la nueva espiritualidad humana, fundada en la transdisciplinariedad del enfoque de la complejidad, tiene un especial y prometedor espacio de realización en el Sur, pues

el pensamiento del sur está llamado a volver a cuestionar la sabiduría. Sabemos que una de las grandes herencias de la Antigüedad, griega y romana, es la búsqueda de la sabiduría. Ahora bien, la idea de una sabiduría identificada con la vida razonable, razonada, opuesta a una vida de pasión, no es satisfactoria en la medida en que hemos comprendido - en particular, desde los trabajos de Damasio y Jean-Didier Vincent - que la razón pura no existe. Incluso el matemático dedicado al cálculo más racional, tiene la pasión por las matemáticas. No hay razón sin pasión. Por el contrario, la pasión sin este candil que es la razón se pervierte en delirio. Entonces la nueva sabiduría debe buscar la “dialógica” - diálogo permanente, complementariedad en el antagonismo - entre la razón y la pasión. No hay pasión sin razón, no hay razón sin pasión. No es una sabiduría que pueda programarse, es una especie de memorándum que debe regenerarse, sin cesar, para guiarnos en la vida. Desde entonces, la nueva sabiduría reconoce las virtudes de la poesía, es decir, la del amor y de la comunidad (Morin, 2010: 9).

En las condiciones específica de la sociedad latinoamericana actual la educación transdisciplinaria se debe caracterizar por su: humanismo, internacionalismo, participación popular democrática, elevada responsabilidad social ante los impactos ambientales y en la salud humana de las actividades tecno-científicas, su asimilación cultural adecuada endógenamente y la comprensión de las interrelaciones entre todas las formas de la actividad social.

Con relación a los esfuerzos realizados por ciertos gobiernos de la región en la divulgación científica, puede afirmarse que todavía hoy, muchos profesionales de la filosofía, la ciencia y la educación, deben elevar su nivel de actualización en el orden epistemológico. En general, existe un desconocimiento (no confeso) sobre la mayoría de los pensadores, teorías y enfoques tratados aquí, especialmente, de los avances de los últimos cuarenta años.

La propuesta que aquí se realiza no puede ser resumida en una serie de elementos epistemológicos fundamentales o “esenciales”, con los cuales se pueda dar la receta o “llave de los truenos” a quienes pretendan exigir, con el estilo reduccionista del positivismo, una propuesta “concreta” para satisfacer sus “necesidades pedagógicas” inmediatas de enseñar con “precisión” los renovados fundamentos epistemológicos de la educación transdisciplinaria. Eso sería adocenar y empobrecer la propia propuesta que, precisamente, sugiere todo lo contrario, es decir, incita hacer una labor pedagógica colectiva más creadora y contextualizada, que muestre al alumno la riqueza histórica, teórica y cultural que está detrás de las conquistas científicas aquí resumidas.

Dicho en otros términos, el verdadero maestro debe inspirarse en el legado de los pedagogos aquí mencionados, de manera que pueda desplazar su labor de la enseñanza tradicional a la activación del aprendizaje metacognitivo y auto-constructivo del alumno (Herrera Torres 2008: 13, 29-33). Para ello, el profesor y los alumnos deben trabajar en equipo para idear métodos creativos, a la manera de las ricas tradiciones pedagógicas populares latinoamericanas (técnicas participativas, actividades lúdicas, etc.), que potencien la motivación de cada estudiante por la investigación científica innovadora y responsable, indispensable para que los alumnos se apropien de los valores que ellos mismos van construyendo en su labor estudiantil con la participación del maestro. En esencia, el maestro de hoy ya no es quién da lecciones, sino quién inspira el amor por el cultivo cooperado del conocimiento y la virtud.

En consecuencia, contribuir a este tipo de educación, suponer comenzar por la sistematización renovadora de sus

propios fundamentos, pues esto sería el punto de partida para poder enfrentar con éxitos los retos de la educación en estos tiempos de globalización neoliberal.

Como se sabe el volumen y complejidades de la información y de los conocimientos científicos son abrumadores, de manera que resulta harto difícil sintetizar en pocas ideas los fundamentos epistemológicos de la educación transdisciplinaria que hoy se necesita, a lo sumo solo se podrá caracterizar algunas ideas, principios y conceptos sobre la educación en general y sus expresiones en las diferentes escalas y subsistemas, tales como: el individuo o la personalidad, las organizaciones sociales (escuela, familia, comunidad, localidad, etc.) y la sociedad concreta que se trate (Franco y Dieterich, 1998).

Para comenzar por la educación de la personalidad, se debe aceptar que constituye un sistema dinámico disipativo muy complejo, debido, ante todo, a que no se puede hacer fuera de las infinitas relaciones, dimensiones y mediaciones que establecen todos los sistemas y subsistemas embebidos o anidados unos dentro de otros, así como que tanto el individuo, los grupos humanos, como la propia sociedad concreta que se trate, constituyen sistemas dinámicos complejos adaptativos, evolutivos y transformadores, es decir, en constante evolución y de eventuales cambios radicales.

Precisamente, estas mismas escalas y dimensiones revelan la naturaleza compleja (el entretejido de infinitos nexos entre ellas) de la sociedad y la educación como sistemas de sistemas. En consecuencia, se debe partir de la premisa de que las organizaciones y sistemas sociales son sistemas abiertos alejados del equilibrio y que, además, se caracterizan por todas esas propiedades descritas aquí a lo largo de este trabajo. Así pues, la utilización de la extensa y profusa cartografía de términos, nociones y conceptos, que se ha anexado es indispensable para comprender la educación como fenómeno complejo.

Por tanto, enfocar la educación de la personalidad, desde esta integradora y holística perspectiva, supone también reconocer que el individuo es un sistema complejo abierto, el

cual intercambia sustancia, energía, información y sentido con el entorno, además, que como sistema adaptativo su dinámica es caótica, azarosa y no-lineal (al borde del caos o alejado del equilibrio), porque tiene alta sensibilidad a los cambios en las condiciones iniciales y recibe constantes perturbaciones del entorno, que generan en su interior fluctuaciones, retroalimentación y auto-organización (Dieterich, 2005: 28-29; Sotolongo, 2007a).

A su vez, para adaptarse a los cambios provocados por sus relaciones con el medio, el sistema (en este caso el individuo) necesita generar fluctuaciones (cambios dinámicos y estructurales) que disipen (amorticen o amplifiquen) ese impacto, fenómenos estos que generan recursividad y retroalimentación, tanto negativa como positiva para el sistema en cuestión (Maruyama, 1963; Moreno, 2002a: 13), fenómenos que expresan su no-linealidad, así como otras propiedades: indeterminación, azar, incertidumbre, borrosidad, etc., las cuales muestran la verdadera riqueza de los procesos de formación y actuación del individuo (Correa, 2000).

Es decir, se debe presuponer que:

el azar, ricamente indeterminado, pone a este individuo en interrelación con las fuerzas aleatorias de otros sistemas sociales, que en un espacio, también indeterminado, se encuentran, ya sea para destruirlo o para dejarlo mutilado en el camino del aprendizaje; así, unos siguen su búsqueda de la comprensión de la realidad, permitiéndole, a partir del entendimiento complejo, tener un acercamiento hacia la naturaleza desde su propia cosmovisión, mientras que otros caen por el abismo de la simplicidad, conformándose con ver a los fantasmas complejos de la realidad, sin entenderlos; y algunos caen destruidos por estos sistemas que implacablemente los absorben (Castro Sáez, 2001: 5).

Así pues, la noción transdisciplinaria de la personalidad, que la comprende como un sistema dinámico adaptativo, evolutivo y transformador, abierto y alejado del equilibrio, supone tener en cuenta todo un arsenal de herramientas epistemológicas, mediante las cuales se puede comprender su naturaleza compleja.

Un lugar central en esta perspectiva ocupa la noción de auto-organización, pues en su azarosa y multilateral relación con el entorno, el individuo cambia su dinámica y rompe la simetría de sus estructuras mentales establecidas, generando así propiedades emergentes, que amortiguan o amplifican las perturbaciones del entorno sobre su sistema de valores, emergencias que son atractores, es decir, zonas de confluencias de fuerzas en su sistema de valores, que lo compulsan a realizar acciones para su supervivencia, auto-destrucción o auto-organización, según el carácter de esos cambios adaptativos, que pueden ser evolutivos o radicales (Ruelle, 1991).

Varios autores enfatizan esta idea, es decir:

la auto-organización es una noción clave en la comprensión de los fenómenos complejos, porque da cuenta del auto-movimiento de los procesos desde el interior de los propios sistemas -abiertos y alejados del equilibrio- en sus relaciones con los entornos en que se desenvuelven. Al decir de algunos autores (Najmanovich, Maturana y otros), los procesos internos constructivos del sistema –en condiciones de relación con entornos cambiantes- generan sus propios límites y espirales de nuevos desarrollos. Para Luhmann ello es posible porque los sistemas cuentan con determinados mecanismos operacionales de diferenciación (clausura) formando bucles de retroalimentación abiertos hacia nuevas expresiones; esto ocurre en redes vinculares que forman nuevas cartografías (Najmanovich)

y re-contextualizaciones espacio-temporales diversas” (D’Angelo Hernández, 2009: 1).

Además, la auto-organización a su vez constituye un proceso complejo, que solo puede ser explicado adecuadamente a través de un arsenal de herramientas epistemológicas como son los principios, conceptos y propiedades ya descritos aquí. Ejemplos de consecuente uso de los conceptos y propiedades, relacionados directamente con la auto-organización de la sociedad como sistema dinámico complejo aparece en: (Sotolongo, 2007a; Dieterich, 2005: 28-29; Martínez Álvarez, 2010a).

En la vida de todo individuo se producen a menudo procesos reconstructivos y auto-destructivos, en dependencia de la capacidad que tenga para elevar su robustez adaptativa o de perderla ante el impacto del entorno. En el segundo caso, el individuo como sistema es limitado o privado de su autonomía y libertad, o incluso, absorbido o destruido por otros sistemas. Estos fenómenos son muy típicos en la vida social a todas las escalas sistémicas, es decir, a nivel individual, familiar, grupal, comunitario, local, nacional, regional, etc. (Dieterich, 2005: 28-29).

En verdad, el individuo como un sistema adaptativo y desarrollador necesita frecuentar o estar siempre en una dinámica al borde del caos, lo que no invalida su capacidad de tender al orden, es decir, debe mantenerse en la mediación dialéctica de ambos extremos, en un equilibrio dinámico, fluctuante y fluyente, como le llamó Bertalanffy, pues en ese estado, especialmente autónomo, pero a la vez de cierta dependencia con el entorno (no a la inversa), es que puede revelar y explotar sus verdaderas potencialidades creativas y auto-organizativas (Dieterich, 2005: 28-29).

Sin embargo, hoy predomina en los colectivos humanos, un espíritu de cortafuegos o apaciguamientos en aras de la armonía, se evita o sofoca de inmediato cualquier atisbo de entropía, perturbación, crisis, etc., por lo que casi nunca se permite el incremento de desorden en las actividades de los grupos humanos, porque, precisamente, lo que frecuentemente

sucede es que se activan todos los recursos y poderes persuasivos de los dirigentes y líderes para reducir o eliminar el desorden inmediatamente, pues, de antemano, se le considera, bajo la visión de la racionalidad clásica y positivista, un fenómeno esencialmente negativo para el desarrollo del colectivo.

Desde esta perspectiva esto se comprende de una manera diametralmente opuesta, es decir, el aumento de desorden es indispensable como motor impulsor de la activación de las potencialidades creadoras del sistema, y, en el caso de los sistemas sociales, es indispensable su funcionamiento al borde del caos o al borde de las crisis, como estados generadores de las iniciativas creadoras, de la invención e innovación para encontrar soluciones más efectivas y duraderas a los problemas.

Se puede afirmar que en las condiciones hostiles del capitalismo en su historia (mercantilismo, lucro, individualismo, etc.) la competencia ha sido el motor impulsor de grandes realizaciones científicas, tecnológicas, artísticas, etc. Eso es innegable, a pesar de que no se deben justificar los medios por los fines. En verdad, los avances tecno-científicos en el capitalismo se han logrado en detrimento del bienestar de la mayoría de la población del planeta y a costa del deterioro irreversible del ambiente.

Ahora bien, la competencia, las discusiones, los conflictos y hasta las crisis son eventos ordinariamente “indeseados”, pero necesarios para el desarrollo. Es más, constituyen acontecimientos más productivos y generadores de potencialidades que aquellos eventos por los que, comúnmente, se lucha en la vida social: armonía, estabilidad, concordia, sosiego, ocio, etc.

Cuando en un sistema social, como un colectivo humano, se producen discusiones, confrontaciones, enfrentamientos y competencia entre sus miembros (desorden más que armonía), digamos entre los estudiantes de un grupo y de estos con sus profesores y directivos, entonces, se pueden producir acontecimientos transformadores, radicales, revolucionarios, etc. Las crisis son generadoras de nuevas oportunidades, la contradicción es la fuente del desarrollo, lo ha fundamentado

bien el marxismo, de manera que introducir o aumentar entropía en los grupos o cualquier sistema social es una premisa, vía o método indispensable para su más rápida y efectiva auto-organización a un nivel cualitativo superior.

Ahora bien, de lo que se trata es de cómo darle seguimiento a esos procesos potencialmente destructivos y peligrosos para que, a pesar de ser impredecibles, azarosos, no lineales y riesgosos, sean, más que todo, oportunidades especiales para la creatividad, la imaginación y las soluciones efectivas y duraderas de los problemas (McKenzie y James, 2005).

Como se sabe, de las grandes crisis, como las revoluciones que son radicales y traumáticas, emergen grandes soluciones. De manera que las revoluciones permanentes (cambios al borde del caos y de las crisis) son las progenitoras de las grandes realizaciones humanas. La historia del arte, de la literatura y de la ciencia, está repleta de ejemplos que confirman esta idea. Famosos cuadros, piezas musicales, obras literarias, descubrimientos, inventos, etc., han sido creados en momentos muy difíciles y traumáticos de los genios, es decir, en condiciones históricas turbulentas, como guerras, penurias materiales, pérdidas familiares, etc.

Esto no significa que se debe vivir en guerra, destrucción y pobreza para realizar grandes cosas, sino que se necesita cierta dosis de desorden, discusión, competencia, rivalidad entre los individuos y colectivos humanos para que se produzcan potenciadoras propiedades emergentes que promuevan y fertilicen la auto-organización creativa y desarrolladora de los individuos, los colectivos, para garantizar su robustez y sostenibilidad identitaria en el entorno.

Precisamente, los recientes avances de la educación desarrolladora, aunque se fundamenta en el enfoque histórico-cultural y en lo mejor del pensamiento constructivista, también se inspira en ideas tan revolucionarias como estas que emanan de la integración transdisciplinaria que promueve los estudios de la complejidad. Hoy se puede constatar que los diferentes paradigmas emergentes asumen y convergen con los fundamentos históricos de las tradiciones educativas que



fomentan el enfoque desarrollador, pues todos enfatizan el papel activo del propio sujeto en espacios interactivos y colaborativos, que garantizan una mejor apropiación de la experiencia histórico-cultural.

La revisión realizada aquí sobre el conocimiento y su integración, permite afirmar que la educación debe evolucionar hacia la integración transdisciplinaria, porque se ha estado fertilizando gracias a las contribuciones, no solo de las novedades de las ciencias concretas, sino también de los fundamentos de los más diversos referentes teóricos (Teoría histórico-cultural, estudios de la complejidad, constructivismo, hermenéutica, etc.) Todas estas perspectivas convergen y se fertilizarán mutuamente en la comprensión no solo del conocimiento en general, sino también de la educación desarrolladora en particular. Es decir, estos referentes exhortan potenciar el papel activo de los “otros” en la auto-formación y auto-construcción del conocimiento del propio sujeto, en el que el medio social, a través de la participación de los demás actores y agentes sociales, debe convertirse en el verdadero catalizador de la meta-cognición del educando.

En fin, desde el enfoque integrador que se propone aquí, la educación debe atender las dinámicas de las interacciones sociales, como entorno de diversas dimensiones, subsistemas y escalas (micro, medio y macro), para que sus perturbaciones sean amortizadas positivamente por el sistema (educando o colectivo) y este pueda auto-organizarse, generando nuevos atractores (propiedades emergentes), que potencien la transformación del sistema (educando o colectivo) y del entorno como garante de su sostenibilidad.

Este enfoque integrador presupone y enriquece las mejores tradiciones pedagógicas de las que se ha nutrido la educación latinoamericana, pues también toma como premisas la auto-conciencia, la metacognición, la auto-valoración y el pensamiento autónomo, que son, entre otras, ideas esenciales de la tradición iniciada por Vigotsky, la cual subraya la necesidad de potenciar la ayuda de los “otros” para generar la posibilidad de la auto-ayuda, como vía psico-pedagógica individual y colectiva de auto-organización y desarrollo de la actividad

cognitiva (Vigotsky, 1924/2000; Vigotsky, 1926/1987; Vigotsky, 1995; Vigotsky, 1934/1982).

Por tanto, para comprender la educación de la personalidad y del colectivo como procesos complejos, ello supone realizar un tratamiento integrador de y desde todas las perspectivas epistemológicas posibles. Ello significa dar un viraje decisivo que no excluye, sino que presupone la incertidumbre, el azar, la no linealidad, la retroalimentación y todas las demás propiedades inherentes a los sistemas complejos.

Por ello, en lugar de evitar o temerle a los conflictos, a las crisis, al desorden, etc., o a los individuos conflictivos, hiperactivos, desorganizados, rebeldes, inconformes, impredecibles, francotiradores, hipercríticos, etc., se debe tratar a todos estos “extraños” e “indeseados” fenómenos con especial esmero, porque su valor estratégico es prometedor y sus potencialidades creativas son colosales.

La dinámica de los sistemas complejos al borde del caos genera propiedades emergentes decisivas para su auto-desarrollo, de manera que los “incómodos” y “raros” fenómenos mencionados tienen un revolucionario valor para el desarrollo del educando y del colectivo, es decir, urge aprovechar sus potencialidades creativas y orientar sus valiosas energías hacia la imaginación, la innovación y la auto-organización del colectivo.

En fin, propiciar la confrontación, la discusión y la competencia en los colectivos es garantía de la explosión creativa que se necesita para grandes proezas y realizaciones (Ardoino, 1997: 3). Nuevamente se establece que la historia está repleta de ejemplos que ilustran la certeza de esta concepción dialéctico-compleja de la dinámica de los sistemas sociales y el papel de tales individuos en la historia de las civilizaciones.

En verdad, esta revolucionaria concepción ya ha sido anticipada de una u otra forma por varios pensadores en la historia de la filosofía, de las ciencias y de la educación, pero es ahora que se ha fundamentado y confirmado en la práctica científica su certeza y significación. De hecho, el desarrollo de los paradigmas emergentes, que hoy gesta una inédita

integración transdisciplinaria del saber, está contribuyendo a la conformación y aplicación efectiva de esta visión holística, sistémica, dialéctica y compleja de la realidad.

En resumen, volviendo a la noción de entropía, entendida como tendencia al desorden, ella tiene un especial significado para potenciar el desarrollo sostenido y sustentable de los sistemas, especialmente, de los sistemas sociales. De manera que se precisa estudiar y gestionar con mucha cautela y eficacia su introducción y aumento en los sistemas complejos, entre ellos, en los colectivos humanos: familia, grupo de estudiantes y colectivos laborales, etc.

Desde la perspectiva de la complejidad se fundamenta que las fuerzas creativas de los sistemas en general y de los grupos humanos en particular están dentro de ellos mismos, esto hace desplazar o dar un giro diametral opuesto al enfoque tradicional. Por ello, desde esta nueva perspectiva, no se debe presuponer de ante mano al entorno como culpable de tal o más cual situación, sino ubica al sistema en el rol protagónico del proceso, es decir, las fuerzas determinantes (como atractores y generadoras de propiedades emergentes) salen desde dentro y desde la base y no desde fuera y desde arriba.

Así pues, privilegiar un centro en la estructura o en el proceso de evolución de un sistema (grupo de clase o tipo de clase) no es lo más importante, pues las potencialidades fecundas no están en el nodo de la red de elementos del sistema (líderes formales o informales, maestro), pues la jerarquía regularmente es transitoria y no permanente, como nos impuso la concepción científica heredada, fundada en el ejercicio del poder, sino que las emergentes potencialidades del sistema están en el proceso de distribución rizomática de las funciones de cada una de las partes interconectadas entre sí dentro del propio sistema.

En esencia, el protagonismo de los elementos (maestro, líderes, alumno) es dinámico y transitorio, pues pasa de unos a otros miembros o partes del sistema. La centralización es desplazada por la participación distribuida, que potencia la auto-organización para el desarrollo del sistema y no para su estandarización y mimetismo como se ha privilegiado en la

historia de la racionalidad moderna en general y en la tradición pedagógica en particular.

Desde este enfoque se comprende que los sistemas (grupos estudiantiles) se desarrollan de acuerdo a su potencial de auto-organización (protagonismo distribuido como talleres de creación escolar), es considerar que mientras mayor sea el rango de libertad del sistema en el entorno y la consecuente transformación de este, mayor será su robustez adaptativa, como garante de su progresiva evolución y transformación desarrolladora de sí y del entorno. Desde esta perspectiva la escuela, la secundaria y la universidad se convierten en laboratorios de transformación social que cumplen con el ideal del extensionismo y la pertinencia social.

Usualmente, lo que sucede es que si el entorno es hostil al sistema, este buscará, ante todo, los recursos necesarios para su subsistencia y, por tanto, solo sobrevive, pero pierde o retarda su capacidad evolutiva y auto-poiética.

Por tanto, lo que se necesita no es eso, sino que el sistema sea evolutivo y desarrollador para sí y para el entorno. Esta manera dialéctico-compleja de concebir la auto-organización es clave para comprender las complejidades de los sistemas sociales y dentro de ellos los grupos estudiantiles, la familia, la escuela, etc. Por ejemplo, en términos político y pedagógico un sistema que no desarrolla sus potencialidades auto-organizativas pierde su libertad y capacidad meta-cognitiva, transformadora, innovadora, creativa y emancipatoria (Castro Sáez, 2001).

Ahora bien, para revelar el valor de la noción compleja de la auto-organización en la esfera de la vida social en general y en la educación en particular, se precisa tomar en consideración otro conjunto de emergentes nociones y conceptos transdisciplinarios, que han nacido de los estudios y aplicaciones sociológicas, psicológicas y pedagógicas de la complejidad. Varios de estos conceptos ya han sido tratados y no es menester repetirlos, pero sin su utilización el enfoque estaría trunco (Rius Lozano, et al., 2002).

Precisamente, estas ideas evocan las mejores tradiciones del pensamiento integrador en la historia de la educación, pues subrayan el valor de la labor extensionista como fundamento y

contexto natural de todo trabajo educativo (Freire, 1994). De manera que la acción extra-muros de la escuela y de la universidad de hoy potencia mucho mejor las funciones formativas de sus dimensiones laboral y académica.

De hecho, en la labor extensionista de la escuela y la universidad en la comunidad, no solo se aportan los avances científico-tecnológicos y el criterio renovador de los “expertos”, sino también se produce un fructífero proceso de retroalimentación con el reconocimiento y aprecio creciente de la sabiduría popular, pues las experiencias, las visiones desprejuiciadas, espontáneas y holísticas, así como las iniciativas y creatividad de las culturas locales y nativas, pueden potenciar los procesos de transformación comunitaria. Es decir, se precisa justipreciar los aportes de los profanos o no-expertos, en especial, de los líderes naturales de la comunidad como actores-agentes catalizadores del protagonismo de los vecinos en las nuevas transformaciones de la localidad.

En el contexto educativo extensionista se precisa privilegiar la labor auto-poiética (auto-constructiva sostenible) de nuevos espacios emancipatorios que protagonizan los líderes comunitarios, con la participación comprometida y de facilitación (no-interventora) de los investigadores sociales y todos los demás elementos de la red-rizoma de actores sociales.

Así también, se debe partir del principio de reflexividad para privilegiar el protagonismo de los investigadores como parte esencial (actores-actante-agentes dinámicos) de los procesos de transformación social en los que su labor no es interventora, sino solo catalizadora desde dentro de la comunidad para potenciar la auto-organización de las estructuras de base, que son desde abajo las verdaderas constructoras de su desarrollo sustentable.

En este mismo sentido la Cibernética de segundo orden proporciona ideas avanzadas para comprender el papel auto-poiético de las organizaciones sociales, que no solo observan sino que modifican el entorno social, a la vez que se transforman a sí mismas y elevan así su robustez adaptativa, evolutiva y transformadora, es decir, tienen propiedades de complejidad creciente.

Entre las propiedades más sistematizadas de las organizaciones sociales, desde la perspectiva de la complejidad, aunque hay otras menos estudiadas, están:

1. sistemas abiertos, adaptativos,
2. sistemas evolutivos y transformadores del entorno, pues ejercen diversos tipos de impactos,
3. sistemas que cumplen determinadas funciones y pretenden obtener objetivos específicos identitarios,
4. sistemas que están alejados del equilibrio, pues constituyen estructuras dinámicas disipativas que intercambian sustancia, energía, información y sentido con el entorno, tales flujos garantizan la sostenibilidad del sistema en su entorno, lo cual les permite cumplir las funciones y lograr sus objetivos para la autonomía y permanencia de su identidad, mejorando su robustez adaptativa,
5. sistemas que tienen mecanismos de realimentación (feedback) que informan al centro de control de las organizaciones sociales (gobiernos, direcciones, gerencias, etc.) sobre los cambios del propio sistema (debilidades y fortalezas) y del entorno (amenazas y oportunidades),
6. sistemas en redes-rizomas, anidados, escalados, fractales, auto-similares, etc., pues son sistemas de sistemas y con subsistemas y conexiones a diferentes escalas y gradaciones,
7. sistemas constituidos por seres humanos (personalidad o individuo) portador de una complejísima espiritualidad, que lo hacen altamente impredecible, pues sus motivaciones, intereses, objetivos y metas pueden o no coincidir con los colectivos y sociales,
8. sistemas de dinámica o comportamiento contradictorio, pues en su relación con el entorno tienen cierta armonía y estabilidad, por lo que su comportamiento es previsible, mientras que a la vez tienen alta sensibilidad a los cambios en las condiciones iniciales, por lo que suelen ser también imprevisibles, de manera que su equilibrio dinámico supone no solo estabilidad, sino también alejamiento del equilibrio (al borde del caos). En consecuencia, estos sistemas crean dos estructuras internas: Zona de Dirección (previsión, planificación, organización y control) y Zona de Creatividad

(libertad de acción, descubrimiento, innovación, experimentación, pilotaje, simulación en escenarios virtuales, etc.), que definen sus relaciones con el entorno de dos maneras:

- a. de sobrevivencia (coexistencia),
- b. de desarrollo (evolución y transformación), en dependencia de la efectividad de las relaciones entre las dos zonas y de los impactos favorables o negativos de los tipos de entornos: antagónicos, hostiles, de co-existencia y favorables.

Realmente, el desarrollo de la investigación pedagógica en el contexto comunitario no solo potencia el papel de la labor extensionista, sino que permite también que el empoderamiento de los actores sea una vía efectiva:

para el desempeño autogestivo, en tanto que los espacios sociales deben propiciarlo a partir de la descentralización y la flexibilidad de participación y el posicionamiento reflexivo de los propios actores; o sea, a través de la concesión de poder de las instituciones y representaciones del Estado a los sujetos activos, autónomos y responsables de la colectividad social, constructores del consenso-disenso social (D'Angelo Hernández, 2008: 16).

Una de las vías y formas más efectivas de concretar el ejercicio del poder de los actores en la comunidad es el fomento entre sus líderes de una cultura de diseño y gestión de proyectos de colaboración, que permita la obtención de recursos materiales y financieros indispensables para iniciar cambios radicales y sustentables, los cuales a su vez potencian el prestigio y reconocimiento de la comunidad ante las entidades del estado, con las cuales la comunidad y sus líderes pueden establecer nuevas relaciones de negociación y cooperación.

Además, la labor extensionista de la escuela y la universidad debe dirigirse de manera priorizada hacia la

capacitación de los líderes de la comunidad, pues ellos y la labor catalizadora de los profesores y estudiantes insertos en la localidad, pueden propiciar los procesos endógenos auto-organizativos de fomento de las redes-rizomas de actores (Martínez Álvarez y Proenza Rodríguez, 2010).

Así pues, por estas y otras razones, hoy urge una visión transdisciplinaria de la educación del individuo y de los grupos sociales (estudiantiles, laborales, etc.), que considere su dinámica no-lineal y recursiva, así como su autonomía (descentralización) y creatividad para promover desde abajo la auto-organización y real empoderamiento, comprometido con los más nobles valores de la sociedad latinoamericana actual.

No se puede olvidar que los ámbitos de reflexión y de aplicación de los paradigmas sistematizados aquí y de la educación integradora que se propone son muy diversos, pero sería bueno sintetizar algunas premisas o ideas rectoras para iniciar el complicado proceso de introducción de esta nueva forma de trabajo de profesores, investigadores y directivos. Por ello, se considera que la educación transdisciplinaria supone:

1. Asumir, con espíritu crítico-constructivo, los diversos antecedentes y referentes epistemológicos que promuevan el diálogo y la integración de todos los saberes y culturas.
2. Fomentar el paso de la inter a la transdisciplina, a partir de los avances de los estudios de la complejidad y de los demás paradigmas emergentes.
3. Estudiar a la educación como un fenómeno complejo.
4. Constituir colectivos transdisciplinarios que, como zonas de creatividad, fomenten epistemologías, abiertas, flexibles, no-lineales y creativas.
5. Elaborar, hibridar y experimentar metodologías nuevas a la medida del objeto.
6. Crear redes-rizomas distribuidas y descentralizadas de actores para la transformación educativa y social.

Así también, es indispensable considerar *otras premisas o presupuestos* que pueden contribuir a la difusión de una nueva educación y cultura organizacional en el plano de la integración del saber en general y de la labor docente-investigativa en



particular. Es decir, para potenciar la nueva educación que necesita la sociedad latinoamericana actual se deben fomentar los siguientes requisitos para el trabajo transdisciplinario:

1. Disposición de los investigadores a la cooperación, a partir de una mentalidad flexible y de cambio.
2. Disposición al perfil amplio, conservando su dialéctica con la especialización.
3. Elevada actualización de los conocimientos, indagando en los colegios invisibles que marcan las pautas y avances de cada disciplina.
4. Principios éticos esenciales: colectivismo, ayuda mutua, desinterés, humildad, solidaridad, cultura del diálogo y “escepticismo organizado”, fundado en la crítica constructiva y la disposición al consenso.
5. Selección y creación de la terminología y fundamentos epistemológicos apropiados, que generen una comunidad de lenguaje y de objetivos de investigación.
6. Selección y elaboración de metodologías no lineales, a la medida del objeto complejo, para el diagnóstico, transformación y evaluación de los resultados (Defila, y Di Giulio, 1999).
7. Fomento de marcos institucionales apropiados para facilitar el trabajo transdisciplinario de investigación y experimentación social, que potencie la zona de creatividad (centros de estudios, cátedras, comisiones, equipos asesores, etc.), para retroalimentar a la zona de dirección, donde se toman las decisiones de cómo transformar el sistema organizacional (Franco, y Dieterich, 1998: 81-104).
8. Aplicación reflexiva de las herramientas no lineales al estudio y desarrollo del propio colectivo transdisciplinario para constatar la efectividad de las mismas (Spaapen y Wamelink, 2001).
9. Protagonismo descentralizado y distribuido de todas las disciplinas que permita potenciar la interacción entre ellas y propiciar la aparición de creativas propiedades emergentes en los planos teórico y práctico.

10. Correlación óptima en el nivel profesional de los integrantes del equipo, a partir de la capacitación y retro-alimentación constante.
11. Elaborar modelos, simular contextos virtuales y hacer pruebas de pilotaje para validar la generalización o no de lo que sea creado.

Estos presupuestos tienen un valor muy significativo en esta denominada Era del Conocimiento, ya que hoy urge difundir y desarrollar este tipo de trabajo de integración creciente. Ya se reconoce que el verdadero trabajador del conocimiento es aquel que contribuye a la auto-organización y desarrollo de su propio colectivo, mediante la capacidad de aplicar el conocimiento actualizado en su práctica profesional, lo cual implica flexibilidad, adaptabilidad y transformación, es decir, esa especial “capacidad de adquirir conocimientos «conocer qué» y de aplicarlos «conocer cómo», así como apertura a la innovación y creatividad” (Nuño Solinís, 2005: 369).

Si se parte del reconocimiento de que los *enfoques de la complejidad* están todavía en una etapa inicial de su construcción epistemológica y que mucho más sensibles se encuentran las nacientes *metodologías no lineales*, derivadas de la integración de los emergentes paradigmas; entonces, la labor renovadora no puede ser individual, sino exige del trabajo colectivo de equipos de investigadores y profesores que se dedican al estudio de los objetos educativos complejos (Klein, 2003).

Además, se precisa tomar en cuenta que los procesos de socialización del conocimiento en el ámbito de la educación exigen involucrar a todos los actores y agentes sociales en sus diferentes escalas y subsistemas, es decir, desde las altas esferas, los ministerios y las instituciones y autoridades académicas del país hasta la base en la escuela, la comunidad y la familia.

### **3. Propuesta de socialización de la educación transdisciplinaria**

En verdad, en nuestra región la situación de la actualización del conocimiento es muy complicada, pues los paradigmas emergentes en general y, especialmente, los estudios de la complejidad, no tienen un verdadero apoyo político e institucional, por el contrario, con frecuencia se levantan detractores que, en concreto, siquiera conocen de qué se trata y, por tanto, no pueden ver el alcance e importancia reales que estos estudios tienen. De hecho, hoy la ocasión no puede ser más propicia, especialmente, en el actual contexto de la integración latinoamericana y caribeña, pues los cambios que ya comenzaron pueden beneficiarse con la socialización de paradigmas emergentes y la educación transdisciplinaria.

Afortunadamente, en nuestra región en la última década ya se han estado difundiendo estos avances entre una incipiente y profusa comunidad de profesionales de la educación, la gestión y la investigación, gracias, fundamentalmente, a los esfuerzos de una vanguardia de complexólogos, quienes han logrado estabilizar los eventos regionales y otras acciones de superación, las cuales han permitido el avance de estos estudios en algunas instituciones docentes y científicas de latinoamérica.

Sin embargo, aunque desde hace varios años se están desarrollando diversas actividades que han contribuido a su socialización, todavía se precisa generalizar más las experiencias que se han alcanzado ya en la enseñanza de postgrado y en otras acciones de divulgación. Se pudieran tomar como punto de partida aquellas que se destacan por su nivel de aceptación.

Varios autores han reiterado la idea de acelerar el proceso de asimilación endógena en nuestros países de los avances científico-técnicos que se desarrollan en el mundo. En alguna medida y en determinados sectores esto se ha estado impulsando, pero en otros ámbitos la situación es muy diferente. En cuanto a los avances epistemológicos de los paradigmas emergentes el proceso de recepción y reinterpretación endógena ha sido demasiado lento y ha estado repleto de obstáculos de

todo tipo, los cuales deben ser concientizados por las autoridades académicas del país.

El gigantesco pero no imposible esfuerzo de difusión de estos avances supone considerar de qué manera se van a introducir y generalizar según el contexto específico de cada una de las complejas dimensiones de la educación. De hecho, el tratamiento de cómo deben aterrizar los paradigmas y este tipo de educación en cada una de sus dimensiones, las cuales se entrecruzan y complementan en la realidad educativa, desbordan los objetivos de este trabajo, pues el análisis se ha orientado aquí solo al plano epistemológico general. De manera que esta compleja tarea, en verdad, se podrá llevar a cabo con los resultados de las futuras investigaciones de estirpe transdisciplinaria que se realizarán por los profesores e investigadores de la educación en todas las dimensiones necesarias.

Se sugiere, a continuación, una propuesta de acciones estratégicas para fomentar el liderazgo de una o varias instituciones para la socialización de la educación transdisciplinaria en Latinoamérica:

1. Hacer llegar por todas las vías posible los resultados de esta investigación a las autoridades académicas, directivos, asesores e investigadores de los centros de estudios de todos los países de la región, como zonas de dirección y creatividad de la sociedad como sistema complejo (Franco, y Dieterich, 1998), para potenciar el desarrollo de la educación transdisciplinaria, que permitan su sostenible socialización y generalización endógena, según las particularidades de cada contexto nacional, territorial e institucional concreto.
2. En ello puede contribuir mucho no solo la sistematización realizada aquí, sino otras ya existentes, así como su consecuente arreglo didáctico por comisiones creadas para ello, de manera que se viabilice su difusión (capacitación, superación y divulgación), no solo en el contexto académico, sino también en los diferentes sectores y esferas de la vida social.

3. Realizar una revisión de los currículos de las carreras y los programas de las asignaturas para su actualización desde estas perspectivas, primero en el orden disciplinar incluyendo en los contenidos de las asignaturas las teorías y enfoques aquí sistematizados, y luego en el plano de la integración de las disciplinas y asignaturas desde la perspectiva transdisciplinaria.
4. Introducir asignaturas optativas o temas específicos, actualizados en los órdenes teórico y metodológico, con enfoques transdisciplinarios en los programas, tanto de las ciencias naturales y técnicas, como sociales y humanísticas en el nivel universitario primero y pre-universitario después.
5. Elaborar una estrategia de superación de postgrado que introduzca temas y cursos sobre estos estudios en diplomados, maestrías y doctorados curriculares.
6. Potenciar la realización de eventos científicos que promuevan los estudios de los paradigmas emergentes y fomenten la educación transdisciplinaria, auspiciados por los Ministerios de Educación, Educación Superior, Salud, Cultura, Deporte, etc., de manera que contribuya al acercamiento e integración de todos sus cultores y permitan una adecuación endógena creciente de sus conquistas en la educación superior.
7. Introducir los temas transdisciplinarios, didácticamente bien concebidos, en los cursos de estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, bioética y educación ambiental en los niveles de pre y postgrado con el fin de fertilizar esos campos y potenciar más su creciente integración.
8. Elaborar proyectos de publicaciones que editen los libros más importantes y didácticos de los paradigmas emergentes, sus antecedentes y fundamentos.
9. Potenciar más las revistas electrónicas, páginas Web y Blogs, dedicados a estos temas y sus aplicaciones, auspiciados por las instituciones de la educación superior y los centros de investigación.
10. Elaborar una estrategia de divulgación y educación popular en los medios de difusión masiva, mediante publicaciones periódicas, charlas, entrevistas, programas de radio y

televisión que difundan los paradigmas emergentes y la educación transdisciplinaria en la población.

11. Elaborar y gestionar proyectos de colaboración e investigación relacionados con el desarrollo social comunitario, desde la perspectiva transdisciplinaria.

Las propuestas descritas pueden ser enriquecidas por otros trabajos en esta dirección, los cuales podrían contribuir al proceso de socialización de estos estudios y de este tipo de educación que fomenta una emergente cultura de facilitación del diálogo de saberes y de creación de nuevos espacios de trabajo transdisciplinario, que demandan los problemas sociales complejos de hoy.

Para la introducción endógena de los nuevos paradigmas en la educación superior mucho puede contribuir la elaboración de estrategias concretas en cada territorio e institución, para superar todos esos obstáculos y limitaciones, así como adoptar una serie de medidas encaminadas a introducir y generalizar los resultados científicos que en este tema vaya alcanzando la educación superior.

Además, los centros de estudios, tribunales y comisiones de carreras de la educación superior, como *zonas de creatividad*, mucho puede contribuir a la difusión de los resultados científicos, pues todas estas entidades académicas deben realimentar, sistemáticamente, a los directivos y asesores, es decir, a la *zona de dirección*, que son las que toman las decisiones estratégicas del desarrollo de la educación.

A su vez, tener en cuenta las experiencias internacionales arriba caracterizadas, significa estudiarlas más detalladamente, creando equipos o comisiones de expertos que puedan sistematizarlas y proponer pautas estratégicas, que propicien la introducción de sus aciertos a las particularidades del contexto educacional latinoamericano actual. En especial, se precisa tomar en consideración las enormes potencialidades que tiene la educación superior latinoamericana, pues constituyen un fértil terreno para la implementación de estrategias educacionales, tanto regionales y nacional, como territoriales, que privilegien el movimiento de la inter a la transdisciplinarietàad.

Hoy se realizan ingentes esfuerzos por los estudiosos de la complejidad, diseminados ya por casi todos los países de nuestra América, a pesar de no tener el reconocimiento necesario. En verdad, aunque ya se han desarrollado cursos, diplomados, eventos, talleres y aumentan, exponencialmente, las publicaciones, *todavía son insuficientes* para lograr su introducción y consecuente generalización.

De hecho, urge la aplicación de esta *perspectiva transdisciplinaria* al propio desarrollo de estos estudios en Latinoamérica haciendo honor al *principio de reflexividad*, para dar solución al problema de la difusión acelerada y masiva, como una de las vías más efectivas para alcanzar el reconocimiento social, institucional y político tan necesario para la sustentabilidad de los propios *estudios de la complejidad* y su aplicación al desarrollo de la educación, especialmente, en las peculiares condiciones de progreso social en la que se encuentran hoy nuestros pueblos del sur.

En fin, se hace necesaria la introducción y asimilación endógenas de todo lo sistematizado aquí, e incluso, de otros aportes, no sistematizados todavía, ya que deben potenciar de manera significativa la actualización de la educación en todas sus dimensiones, sub-sistemas, niveles y ámbitos de socialización.

#### **4. Tesis epistemológicas para la construcción de una educación transdisciplinaria**

A continuación se enumeran una serie de tesis que desde la teoría del conocimiento pueden ayudar a profundizar la construcción de la educación transdisciplinaria surgidas del tratamiento que se ha sistematizado en ambos capítulos del presente libro.

1. La necesidad de reinterpretar, desde los enfoques: dialéctico, inter y transdisciplinario, los fundamentos de la filosofía, de la ciencia y de la educación sobre el proceso de integración del saber y su divulgación.

2. Determinación de los factores que dieron origen a la gnoseología y la epistemología como teorías sobre las formas filosófica y científica del conocimiento, así como la necesidad del acercamiento y fertilización mutua entre ambas en el actual proceso de integración del saber.
3. La crítica a las influencias negativas del reduccionismo del ideal clásico de racionalidad científica y del neopositivismo que generó la demarcación dicotómica o exagerada de la gnoseología y la epistemología, de la filosofía y la ciencia, de la razón y la empírea, de la deducción y la inducción, etc.
4. La crítica al aislamiento filosófico, epistemológico y cultural por la fuerza de las tradiciones, prejuicios, mitos y el predominio del enfoque disciplinar y simplificador que han caracterizado la racionalidad moderna.
5. La necesidad de acelerar el proceso de integración del saber desde las perspectivas dialéctica, inter y transdisciplinaria y aprovechando las diferentes tradiciones en el estudio del conocimiento.
6. La caracterización del egocentrismo intelectual de la cultura occidental que menosprecia los aportes de las demás culturas.
7. El rescate de la visión holística del pensamiento oriental que enfatiza el equilibrio dinámico del hombre con su entorno, el cual estuvo presente en la obra de los pensadores griegos antiguos y que es una fuente esencial para el desarrollo de los paradigmas emergentes de integración del saber.
8. El rescate de lo mejor del pensamiento multidisciplinar griego antiguo y su vocación dialéctica y de integración del saber, en la que la filosofía y ciencias estaban fundidas en una pieza.
9. La polémica presocrática sobre Cosmos y Caos (orden y desorden), que generó dos tendencias en la interpretación del conocimiento: monismo y pluralismo, optimismo y pesimismo, una que apostaba por el estudio del orden y las regularidades y la otra que enfatizó la necesidad de considerar el caos y el azar como atributos de la realidad.
10. El reconocimiento de que con Tales de Mileto se origina el ideal clásico de racionalidad científica, fundado en las



causalidad lineal y la simplificación lógica de la realidad, que fue cultivado por el programa monista y que a la postre se perpetuó por milenios.

11. La noción pitagórica del valor metodológico del patrón numérico para el estudio de la realidad, la cual representa la tendencia pluralista y pesimista que enfatiza la necesidad de comprender los fenómenos irregulares, el azar y el caos, como fenómenos inherentes a la realidad y al propio conocimiento humano. Este programa fue opacado por el triunfalismo del monismo y su perpetuidad en la Época Moderna.
12. Desde los pitagóricos se dio la clarinada del valor de las matemáticas como modelación, tanto en el orden cuantitativo como cualitativo.
13. El valor gnoseológico del holismo dialéctico de Heráclito y sus seguidores, así como la anticipación de ideas, hoy constitutivas de los enfoques de la complejidad, como la seminal idea de Anaxágoras del principio geométrico fractal hologramático en su noción de la relación dialéctica entre el todo y la parte.
14. La vigencia de los aportes de la compleja lógica silogística de los Estoicos megarenses para el desarrollo de los principios de la actual lógica borrosa.
15. El valor heurístico del estudio dialéctico e ingenioso desarrollado por Parménides y Zenón de las paradojas, aporías, antagonismos y crisis en los procesos naturales y en el conocimiento.
16. La anticipada noción constructivista de Protágoras con su visión del hombre como la medida de todas las cosas, en la que intuye la relación de lo objetivo y lo subjetivo en la verdad y la naturaleza social del conocimiento.
17. La reinterpretación de la teoría atomística de Demócrito, que intenta integrar las visiones monista (énfasis en lo permanente e inmutable) y pluralista (énfasis en el cambio) de la realidad.
18. El reconocimiento del valor de la geometría euclidiana para el establecimiento del ideal clásico de racionalidad científica, así como la crítica a sus limitaciones que luego

- fueron superadas por las geometrías no-euclidianas, la Topología dinámico-cualitativa (Gaus, Lobachevski, Bolyai, Riemann, Poincaré, Sierpinski, Lefschetz, Thom, Smale, entre otros) y la geometría fractal de Benoit Mandelbrot.
19. El rescate de la concepción de Platón resumida en su tesis de la *Symploké* (complexus como conexión y desconexión) y su valor para el pensamiento dialéctico-complejo.
  20. La reinterpretación del papel de la lógica aristotélica y del valor metodológico de su teoría de las categorías, su ordenamiento y estratificación para el ulterior desarrollo de las ciencias.
  21. El valor de la idea aristotélica de la entelequia como auto-mejoramiento, lo cual ha sido premisa para la comprensión del proceso de auto-organización de los sistemas complejos.
  22. El reconocimiento de la concepción dialéctica de Aristóteles sobre la causalidad y la mediación, en la que anticipa la naturaleza social del conocimiento.
  23. El rescate de las avanzadas ideas aristotélicas sobre el silogismo práctico y la distinción entre explicación y comprensión, las cuales fueron desarrolladas en la Modernidad.
  24. La tesis aristotélica: “El todo es más que la suma de las partes” (Sínolon), en la que intuye el fenómeno de la emergencia de propiedades gracias a las interrelaciones de las partes en los sistemas naturales y sociales, lo cual expresa su riqueza y complejidad.
  25. La crítica anticipada de Aristóteles a las matemáticas abstractas.
  26. La crítica a los mitos y prejuicios establecidos por el pensamiento griego sobre el primado intelectualista del conocimiento científico sobre el conocimiento técnico y del carácter amenazador de la ciencia y la técnica.
  27. El reconocimiento de que no obstante a la represión de la Santa Inquisición el nominalismo y los experimentalistas realizaron aportes al estudio del conocimiento en la Edad Media.
  28. El enfoque holístico y el trabajo multi e interdisciplinario espontáneos de los Titanes del Renacimiento.

29. El valor de las obras de varios pensadores de la modernidad (Sade, Rousseau, etc.) para la crítica al optimismo ingenuo, que exageró las potencialidades de la ciencia y la técnica para el desarrollo social.
30. El significado epistemológico de los cuatro ídolos, criticados por Francis Bacon sobre el conocimiento.
31. La crítica al exceso de cuantificación matemática en la medición y del mito de la necesidad de la simplificación matemática, que ha subestimado sus potencialidades para el estudio cualitativo de la realidad.
32. La crítica al ideal de racionalidad científica basado en el método experimental, el reduccionismo y la simplificación.
33. La reivindicación de la epistemología del empirismo inglés y de otros ismos de la Modernidad.
34. El rescate del aporte de Kant contenido en su idea del carácter activo del sujeto.
35. La crítica dialéctica a las interpretaciones subjetivistas y constructivistas de la obra de Kant.
36. El reconocimiento de la avanzada idea kantiana sobre la auto-organización en los sistemas vivos.
37. La importancia de la hermenéutica y su concepto de comprensión, así como el valor del sentido personal y social del conocimiento.
38. El reconocimiento del Marqués de Sade como precursor del pensamiento crítico-dialéctico de los mitos de la Modernidad.
39. La crítica a los bandazos entre los métodos empirista y racionalista, inductivo y deductivo en la investigación.
40. La reivindicación de la lógica dialéctica hegeliana y la vigencia de la mayoría de sus ideas, tesis y conceptos.
41. El reconocimiento de que los estudios CTS y de la complejidad tienen como premisas ideas, tesis y conceptos del Marxismo. En especial, la confirmación de la vigencia de los principios marxista fundamentales: desarrollo, concatenación universal, análisis histórico-concreto y de la unidad teoría – práctica.
42. El valor de la dialéctica marxista para la crítica a las corrientes positivistas, neo-positivistas y subjetivistas.

43. La intuición de conceptos de la complejidad en la obra de Charles Darwin, Claude Bernard y otros biólogos.
44. El papel de las ideas avanzadas de Ludwig Boltzmann en su Mecánica estadística y sus aportes a la comprensión probabilística de los fenómenos dinámicos no-lineales.
45. El alcance epistemológico de la obra de Henri Poincaré como precursor de la Teoría del Caos.
46. La reacción de las tradiciones dialéctica y hermenéutica contra el ideal clásico de racionalidad científica.
47. La crítica a la concepción heredada del conocimiento científico como enfoque disciplinar, a través de la caracterización de sus rasgos fundamentales y sus repercusiones epistemológicas e ideológicas.
48. La crítica al mito del dominio del hombre sobre la naturaleza y sus impactos sobre el medio ambiente y la salud.
49. La reivindicación del papel de la filosofía en la sistematización de los avances científicos.
50. La fundamentación de la dimensión ideológica de la ciencia y la crítica al carácter manipulador en el capitalismo.
51. El *ethos* de la ciencia contra el mercantilismo, el fraude, el celo profesional, el elitismo, etc.
52. La crítica al burocratismo, al elitismo y la gerontocracia en la ciencia que monopolizan las publicaciones, eventos y el financiamiento de los proyectos, etc.
53. La crítica al mimetismo en la transferencia tecnológica y el reconocimiento del valor social de una nueva cultura de la asimilación endógena según el contexto de cada región, país y localidad.
54. La fundamentación del valor de la teoría kuhniana de los paradigmas para la crítica al ideal clásico de racionalidad y el reconocimiento de la dialéctica entre revolución y reforma, es decir, de las etapas "extraordinaria" y "normal" en el desarrollo de la ciencia.
55. El valor de los tres argumentos epistemológicos para la crítica al ideal neopositivista de ciencia (carga teórica de la observación, la fragilidad del conocimiento inductivo y el problema de la infra-determinación).

56. El significado de los fundamentos dialéctico y hermenéutico de los conceptos de explicación y comprensión como premisa para la determinación de las diferencias cualitativas de las racionalidades científico-natural y social.
57. La necesaria caracterización y crítica constructiva de los estudios interdisciplinarios CTS.
58. La sistematización de las ideas, principios y conceptos fundamentales de los estudios CTS: ciencia, técnica, tecnología, tecnociencia, descubrimiento, invención, innovación, etc.
59. Los rasgos que caracterizan la nueva visión social de la actividad tecnocientífica.
60. La Teoría de la Red de Actores y la necesidad de su asimilación crítica y endógena.
61. La crítica a las limitaciones e insuficiencias del enfoque CTS en el orden metodológico, no obstante a sus aportes para el análisis social interdisciplinario de la actividad tecno-científica.
62. La caracterización de las formas históricas de integración del saber: sus retardos y evolución.
63. La comprensión de la verdad científica como un proceso dialéctico: objetivo y subjetivo, absoluto y relativo, abstracto y concreto, vinculado a otros conceptos y principios gnoseológicos.
64. La renovación del concepto de racionalidad científica, que se nutre del pensamiento CTS y dialéctico-complejo.
65. La necesaria aceleración del acercamiento entre los enfoques sistémico y dialéctico y de otros paradigmas para el proceso de integración del saber.
66. La fundamentación de la naturaleza flexible y dinámica de los conceptos, teorías, métodos y técnicas.
67. El valor del conocimiento empírico-cotidiano, de las tradiciones y de las costumbres para el desarrollo de la ciencia y la tecnología.
68. La crítica al reduccionismo: genético y epistemológico-tradicional.

69. La demostración de las dimensiones axiológica e ideológica de la ciencia que se oponen a la pretendida "neutralidad ideológica".
70. La crítica al mito de las dos culturas: la anticipación martiana, el papel de la crítica de C.P. Snow y del proceso de integración del saber como vía para superar ese mito.
71. La crítica a la ignorancia globalizadora a través de la promoción de lo mejor del conocimiento desde la diversidad y la concepción dialéctica sobre la relación entre lo universal, lo nacional y lo local.
72. El papel de la globalización solidaria e internacionalista vs. la globalización neoliberal y sus impactos negativos.
73. El reconocimiento del necesario papel del criterio del experto, en tanto considere la participación activa y democrática del profano y de las masas.
74. La fundamentación del carácter humanista de la actividad tecnocientífica y el cultivo de sus valores éticos universales y sus particularidades según el contexto histórico cultural.
75. La promoción de la educación ambiental inspirada en la sostenibilidad sin excesos ecologistas.
76. La sistematización de los antecedentes de la no linealidad, así como la demostración de su papel como reacción anticipada al ideal clásico de racionalidad científica.
77. La caracterización e importancia de los antecedentes e iniciadores de la Revolución Contemporánea del Saber y la necesidad de su asimilación endógena en Latinoamérica para la educación transdisciplinaria.
78. La revelación de las coincidencias históricas en el surgimiento y en los fundamentos teóricos de los estudios CTS y de la complejidad, así como la urgencia del necesario acercamiento entre ambas áreas de integración del saber.
79. La sistematización de los antecedentes, precursores e iniciadores de los estudios de la complejidad, así como de la hermenéutica y del constructivismo radical y la crítica a la academia científica conservadora que subestima sus avances.
80. El papel fundacional de la Teoría del Caos de E. Lorenz, y su valor epistemológico y metodológico.

81. El valor de las Teorías de Sistemas de Bertalanffy y Boulding, que enriquecen la Teoría del Caos y su vínculo con otras emergentes áreas de integración del saber, a través de decenas de ideas y conceptos.
82. El valor epistemológico y metodológico de la complementariedad entre los estilos lineal (analítico y sistematizador) y no lineal (intuitivo, sintético y apasionado) del pensamiento científico creativo (Bateson, 1972/1993; Gell-Mann, 1998; Martínez Miguélez, 1996)
83. La importancia del enfoque gnoseológico de G. Bueno para el análisis de la historia del pensamiento sistémico.
84. El papel de los estudios topológicos de Smale y Thom y sus aplicaciones en varias esferas de la actividad humana.
85. La importancia de la geometría fractal para el enfoque de la complejidad y sus aplicaciones crecientes en la ciencia.
86. El valor práctico y las aplicaciones metodológicas de la lógica borrosa en diferentes ámbitos de la vida humana.
87. El reconocimiento de la necesaria relación entre el pensamiento de la complejidad y la dialéctica materialista.
88. Las connotaciones: epistemológicas, ideológicas y metodológicas de los estudios de la complejidad.
89. El valor gnoseológico y epistemológico de la auto-organización.
90. La sistematización de los fundamentos epistemológicos (teorías, ideas, principios, conceptos, métodos, etc.) de los estudios transdisciplinarios de la complejidad.
91. La caracterización y fundamentación del proceso de integración del saber en la historia y la definición de sus conceptos fundamentales: multi, inter y transdisciplinariedad.
92. La crítica a las exageradas clasificaciones filosóficas, epistemológicas y metodológicas que han acentuado más el aislamiento entre disciplinas que el diálogo de saberes hacia la transdisciplinariedad.
93. La crítica constructiva a la situación de la educación en Latinoamérica y la fundamentación de la necesidad de su renovación epistemológica.

## CONCLUSIONES

En esta obra se ha realizado una interpretación dialéctica, inter y transdisciplinaria de los fundamentos del conocimiento científico y su integración. Esta labor ha permitido sistematizar un rico arsenal de ideas, principios, conceptos y nociones relevantes tanto para someter a crítica la imagen tradicional sobre el conocimiento como para señalar algunas coordenadas de los fundamentos epistemológicos de una educación renovada que atesore lo mejor del pensamiento filosófico y científico, adecuándolo, al contexto latinoamericano.

Si bien se han alcanzado indiscutibles avances en los estudios transdisciplinarios en la región, se revela que pueden fertilizarse más en cuanto a su sistematización epistemológica, acelerando su actualización, con arreglo a las indiscutibles contribuciones de los demás paradigmas emergentes, que les permitirá el paso de la inter a la prometedora transdisciplinaria. Por tanto, estas son tareas investigativas y pedagógicas todavía pendientes para los estudiosos de la educación en Latinoamérica.

Además, es preciso proseguir el estudio del proceso de surgimiento de los estudios transdisciplinarios de la complejidad y, a la vez, se precisa seguir sistematizando decenas de ideas, principios y conceptos de sus teorías fundacionales y complementarias. Todo ello permitirá construir una cartografía de elementos epistemológicos de esta perspectiva emergente, lo cual tiene un significativo valor didáctico para la construcción de una nueva educación de tipo transdisciplinaria.



A su vez, se debe seguir trabajando en la valoración crítica de los intentos de difundir los estudios transdisciplinarios de la complejidad en nuestra región, así como la revisión de las experiencias en otras regiones del mundo en cuanto a la introducción de los paradigmas emergentes en la educación, para enriquecer la propuesta de acciones de socialización de la educación transdisciplinaria en nuestros contextos concretos, con el fin de potenciar la interrelación entre las instituciones académicas como las universidades y los centros de estudios, sociedades y cátedras.

Los fundamentos epistemológicos transdisciplinarios sistematizados en este libro no son más que lineamientos para la elaboración de programas específicos de cursos de pre y postgrado, más concretos y afines a cada temática, los cuales deben ser adecuados a los contextos culturales en que serán impartidos.

En fin, el trabajo de sistematización aquí realizado tiene una especial significación para comprender y transformar la realidad académica de la educación superior en la actualidad, por ello, se hace urgente realizar un análisis más juicioso, crítico y responsable sobre la situación actual de la educación en la región, como vía efectiva para comenzar esa necesaria transformación, que debe iniciarse con el cambio hacia una disposición favorable, no solo de los investigadores y profesores de la educación, sino, en especial, de los directivos y asesores de los ministerios y de las instituciones académicas.

En concreto, es preciso reconocer una doble y urgente demanda: la actualización del conocimiento y la reestructuración institucional y organizacional de la vida académica de la educación en la región, como premisa para poder socializar e implementar este nuevo tipo de educación.

Afortunadamente, hoy lo mejor de la academia latinoamericana reconoce e identifica claramente las demandas de solucionar los problemas sociales complejos, provocados por perturbaciones externas y fluctuaciones internas, que están generando cambios y renovaciones en todos los niveles, sectores y grupos de nuestras sociedades.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abel, David. (2009). The Capabilities of Chaos and Complexity. *International Journal of Molecular Sciences*(10), 247-291.
- Acero, Rafael y Lago, Carlos. (Noviembre de 2005). Complejidad y rendimiento en los deportes sociomotores de equipo (DSEQ): dificultades de investigación. Recuperado el Septiembre de 2013, de Efdportes.
- Addine Fernández, Raúl. (2006). *Estrategia didáctica para potenciar la cultura científica desde la enseñanza de la química en el preuniversitario cubano*. Instituto Superior Pedagógico "Rafael María de Mendive". Pinar del Río: Edutesis, Biblioteca digital de tesis de doctorados y maestrías en Ciencias de la Educación.
- Aguado Terrón, Juan Miguel. (2001). Fundamentos epistemológicos del Paradigma de la Complejidad. Información, Comunicación y Auto-organización. Sevilla: Comunicación Social, Ediciones y Publicaciones.
- Aleksandrov, A.D., Kolmogorov, A. N., Laurentiev, M. A. (1981). *La Matemática: su contenido, métodos y significado*. (Vol. 3). Madrid: Editorial Alianza Universidad.
- Alfonso García y María Rosa (2006). Retos de una experiencia en acción sobre la Reforma Curricular en la Facultad de Educación Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua: Editora universitaria, UACH.
- Alonso, A. y De la Fuente, J.R. (1996). *Caos y Fractales*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Altshuler, Ernesto. (2006). *Complejidad: lo bueno, lo malo y lo feo. Ponencia presentada en Complejidad'2006. Palacio de las Convenciones*. Universidad de la Habana, Cátedra "Henri Poincaré" de Sistemas Complejos. La Habana: Página Web: [www.complexperiments.net](http://www.complexperiments.net).
- Altshuler, Ernesto (2006a). Measuring activity in ant colonies. *Rev. Sci. Inst.*(77), 126-132.
- Altshuler, Ernesto. (2009). La dinámica de las hormigas como paradigma de auto-organización. *Pensando la Complejidad*(VI), 16-20.
- Altshuler, O.; Ramos, C.; Martínez, L. y E. Flores; C. Noda. (2001). Avalanches in one-dimensional piles with different types of bases. *Physic Review Letter*(86), 54-90.
- Álvarez Pérez, Marta. (1999). Sí a la interdisciplinariedad. *Revista Educación. Segunda Época*(97).
- Alvargonzález, David. (2003). Transdisciplinariedad. Comentarios del artículo de Javier Gimeno Perelló. *El Catoblepas*(10), 8.

- Andrade, Raiza; Pachano, Eduardo; Torres, Aura y Cadenas, Luz Marina (2002). El paradigma complejo: un cadáver exquisito. *Revista electrónica Cinta de Moebio. Septiembre* (14).
- Anscombe, Gertrude Elizabeth Margaret. (1957/1991). *Intention*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- Aracil, Javier. (1983). *Introducción a la dinámica de sistemas*. Madrid: Alianza.
- Ardoino, Jacques. (1991). El análisis multireferencial. Issy-les-Moulineaux, EAP, Colección Recherches et Sciences de l'education. En: [http://www.anuies.mx/servicios/p\\_anuies/publicaciones/revsup/res087/txt1.htm](http://www.anuies.mx/servicios/p_anuies/publicaciones/revsup/res087/txt1.htm), 173-181.
- Ardoino, Jacques. (1997). *La Implicación*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Aristóteles. (2005). *Metafísica*. Madrid: Proyecto Filosofía en español, Versión digital compilada por Patricio de Azcárate.
- Arnold Cathalifaud, Marcelo. (1999). Cambios epistemológicos y metodologías cualitativas. *Sociedad Hoy. Revista de Ciencias Sociales*(2-3), 27-38.
- Arnold Cathalifaud, Marcelo; Osorio, Francisco. (1998). Introducción a los conceptos básicos de la Teoría General de Sistemas. *Revista electrónica Cinta de Moebio. Abril*(3).
- Arriaza Ardiles, Enrique; Martín, Juan Manuel; García Manso, Juan Manuel. (2013). *Análisis de pruebas cíclicas desde la perspectiva de la complejidad*. Madrid: Editorial Académica Española.
- Arroyave, Dora Inés. (1998). *Hacia una nueva escuela. Una mirada integradora*. Medellín: Publicaciones Funlam.
- Arroyave, Dora Inés. (1999a). *Investigación educativa trascendental. Ponencia presentada en Congreso de Pedagogía*. La Habana: Memorias en CD-ROOM, Palacio de las Convenciones de la Habana.
- Arroyave, Dora Inés. (1999b). La transversalidad curricular, una concepción compleja. *Revista Fundación Universitaria Luis Amigó*(1), 7-14.
- Atlas, Henri. (1990). *Entre el cristal y el humo*. Madrid: Debate.
- Austin, W., C. Park, E. Goble. (2008). From Interdisciplinary to Transdisciplinary Research: A Case Study Qualitative Health Research. *Health Research*(18), 557-564.
- Bacarlett Pérez, María Luisa. (1998). Inestabilidad y equilibrio: los caminos de la complejidad. *Revista Metapolítica*, 2(8), 155-162.
- Bachelard, Gastón. (1999). *La intuición del instante*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bachelard, Gastón. (1981). *La formación del espíritu científico*. México: Editorial Siglo XXI.
- Bachelard, Gastón. (1978). *La filosofía del no*. Buenos Aires: Editorial Amorrortu.
- Bak, Per. (1996). *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality*. Berlin: Springer-Verlag.
- Balandier, Georges. (1993). *El Desorden, la Teoría del Caos y las Ciencias Sociales. Elogio de la Fecundidad del Movimiento*. Barcelona: Gedisa.
- Bar, Aníbal. (2001). La explicación como producto lógico o como producto de la Praxis. *Revista electrónica Cinta de Moebio. Septiembre* (11).
- Baran, Paul. (1964). *On Distributed Communications*.
- Barbero, M. (2005). Transdisciplinariedad: notas para un mapa de sus encrucijadas cognitivas y sus conflictos culturales. *Debate Cultural*(1).
- Barnsley, M.F. (1988). *The Science of Fractal Images*. Berlin: Springer-Verlag.

- Bar-Yam, Yaneer. (1997). *Dynamics of complex Systems*. Addison-Wesley: Reading, MA.
- Bar-Yam, Yaneer. (2000). *Concepts in Complex Systems*. Addison-Wesley: Reading, MA.
- Batagelj, Vladimir. (2009). Visualization of Complex Networks. University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia. En R. A. Mayers, *Encyclopedia of Complexity and Systems Sciences*. (págs. 1250-1258). New York: Springer Science.
- Batard Martínez, L.; Estrada Hernández, Y. (2006). *Historia de las Matemáticas*. Santa Clara: Universidad “Martha Abreu” de las Villas.
- Bateson, Gregory. (1972/1993). Una unidad sagrada. Pasos ulteriores hacia una ecología de la mente. Barcelona: Gedisa.
- Bateson, Gregory. (1993). *Espíritu y naturaleza*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Bennis, Warren G. (1966). *Changing Organizations*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Berman, M. (1981). *El reencantamiento del mundo*. Santiago de Chile: Editorial Cuatro Vientos.
- Bertalanffy, Ludwig Von. (1950). An outline of General Systems Theory. *British Journal of Philosophy of Science*(2).
- Bertalanffy, Ludwig Von. (1976). *Teoría General de Sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bertalanffy, Ludwig Von. (1981). *Perspectivas en la teoría general de sistemas*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Bertalanffy, Ludwig Von, C.G. Hempel, R.E. Bass y H. Jonas. (1951). Teoría general de los sistemas: un nuevo enfoque hacia la unidad de la ciencia.
- Binder, Philippe. (1999). Cuatro versiones de la complejidad. En C. E. Maldonado, *Visiones sobre la complejidad*. (págs. 39-48). Santafé de Bogotá: Ediciones El Bosque.
- Biosot, Marcel. (1972). *Disciplinarietà e interdisciplinarietà*. París: En soporte digital.
- Bissel, Chris. (2001). The role of A. A. Andronov in the Development of Russian Control Engineering. *Journal of The Open University Milton Keynes*(1).
- Blanco Godínez, Félix. (2009). Historia de los cursos sobre Problemas sociales de la Ciencia y la Tecnología: Visión desde la Cátedra CTS+I de la Universidad de la Habana. Informe Administrativo, Universidad de la Habana, Dirección de Postgrado, Cátedra CTS + I, La Habana.
- Blanco Pérez, Antonio, et. al. (2003). *Fundamentos filosóficos de la educación. Filosofía de la educación*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Boulding, Kenneth Ewart. (1974). *The World as a Total System*. California: Sage, Beverly Hills, CA.
- Bourdieu, Pierre. (1984). *Cuestiones de sociología*. Madrid: Editores Istmo.
- Bourdieu, Pierre. (1986). *Distinction*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bourdieu, Pierre. (1995). Las finalidades de la sociología reflexiva. En P. Bourdieu, & e. al., *Respuestas. Por una antropología reflexiva*. (págs. 39-157). México: Grijalbo.
- Bourdieu, Pierre. (1996). *Cosas dichas*. Barcelona: Gedisa.
- Bourdieu, Pierre, Chamboredon, Jean-Claude, Passeur, Jean-Claude. (1971/1976). *El oficio del sociólogo*. Madrid: Siglo XXI.
- Boya, L.J., Carreras, A. y Escorihuela, J.L. (1990). Azar y caos: Unas premisas. En A. E. Carreras, *Azar, Caos e indeterminismo*. (págs. 13-49). Zaragoza: Prensas Universitarias.
- Braithwaite, R.B. (1965). *La explicación científica*. Madrid: Editorial Tecnos.

- Briggs, A. (1972). *Interdisciplinarity: Problems of teaching and research in universities*. París.
- Briggs, J. y Peat, F.D. (1990). *Espejo y Reflejo: Del Caos al Orden*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Buarque de Holanda Ferreira, Aurelio. (1999). *Novo dicionário Aurelio. Século XXI*. São Paulo: Nova Fronteira.
- Bueno, Gustavo. (1992). Teoría del cierre categorial. Introducción general. Siete enfoques en el estudio de la ciencia. (Vol. 1). Oviedo: Pentalfa Ediciones.
- Bueno, Gustavo. (1993a). Teoría del cierre categorial. La gnoseología como filosofía de la ciencia. Historia de la teoría de la ciencia (Vol. 2). Oviedo: Pentalfa Ediciones.
- Bueno, Gustavo. (1993b). Teoría del cierre categorial. El sistema de las doctrinas gnoseológicas: las cuatro familias básicas. Vol. 3. Oviedo: Pentalfa Ediciones.
- Bueno, Gustavo. (1993c). Teoría del cierre categorial. El sistema de las doctrinas gnoseológicas: descripticismo y teoreticismo. Vol. 4. Oviedo: Pentalfa Ediciones.
- Bueno, Gustavo. (1993d). Teoría del cierre categorial. El sistema de las doctrinas gnoseológicas: adecuacionismo y circularismo. Vol. 5. Oviedo: Pentalfa Ediciones.
- Bueno, Gustavo. (1995). *¿Qué es la ciencia?* Oviedo: Pentalfa Ediciones.
- Bunge, Mario. (1991). *Sociología de la ciencia*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- Bunge, Mario. (2004). Emergencia y convergencia. Novedad cualitativa y unidad del conocimiento. Barcelona: Gedisa.
- Burnett, R. (2000). *Disciplines in crisis: Transdisciplinary aproches in the arts, humanities and sciences*. Paris: Unesco.
- Caamaño, A., Vilches, A. (2001). La alfabetización científica y la educación CTS: un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 2(Extra), 21-22.
- Cambursano, S. (2006). *Interdisciplina, transdisciplina y multidisciplina. Prácticas en docencia e investigación*. Catamarca, Argentina: Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Catamarca.
- Cansino, Cesar. (1998). ¿Cómo leer a los clásicos? *Revista Metapolítica*, 2(8), 7-21.
- Capra, Fritjof. (1997). *El Tao de la Física*. Málaga: Editorial Sirio, S.A.
- Capra, Fritjof. (1996). *La trama de la Vida*. Barcelona: Editorial Anagrama, S.A.
- Capra, Fritjof. (2002). Las conexiones ocultas. Implicaciones sociales, medioambientales, económicas y biológicas de una nueva visión del mundo. Barcelona: Editorial Anagrama.
- Carreras, A., Escorihuela, J. L. y Requejo, A. (1990). *Azar, Caos e indeterminismo*. Zaragoza: Prensas Universitarias.
- Carson, Rachel. (1964). *Primavera silenciosa*. Barcelona: Luís de Caralt Editor.
- Carvalho, Yudith y León Martínez, Santiago. (2010). La educación física y la salud de la sociedad desde la perspectiva transdisciplinar. Ponencia al V Seminario Bienal Internacional de Complejidad de la Habana. Ciudad de La Habana: Memorias Complejidad 2010.
- Castellanos Simons, Beatriz. (1998). *La educación ante los retos del mundo contemporáneo*. Material docente para Postgrado, Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona" de la Habana, Centro de estudios Educativos, La Habana.

- Castellanos Simons, Doris; Dolores Córdova, M. (2003). Hacia una comprensión de la Inteligencia. En M. Martínez Llantada, *Inteligencia, creatividad y talento. Debate actuales*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Castellanos Simons, Doris; et al. (2002). *Aprender y enseñar en la escuela. Una concepción desarrolladora*. Ciudad de la Habana: Pueblo y Educación.
- Casti, John. (1994). *Complexification: Explaining a Paradoxical World Through the Science of Surprise*. New York: Harper Perennial.
- Castillejo, J.L.; Colom, A.J. (Eds.). (1987). *Pedagogía sistémica*. Barcelona: CEAC.
- Castro Ruz, Fidel. (2007). *Fidel y el Deporte*. La Habana: Editorial Deportes.
- Castro Sáez, Bernardo. (2001). La organización educativa: una aproximación desde la complejidad. *Revista Estudios Pedagógicos*(27), 97-110.
- Castro, Gregorio. (1998). *El Asalto del plural*. Caracas: Fondo Editorial Tropykos.
- Cesarman, Eduardo. (1986). *Orden y Caos. El Complejo Orden de la Naturaleza*. México: Ediciones Gernika.
- Chacón Reyes, Marcelo. (2010). El concepto de autoorganización y su utilidad en la formulación de problemas en la investigación transdisciplinaria. La Habana: Memorias en CD-ROOM del Palacio de las Convenciones.
- Chávez Rodríguez, Justo. (1999). *Actualidad de las tendencias educativas contemporáneas*. La Habana: Ministerio de Educación.
- Chávez Rodríguez, Justo. (2003). *Filosofía de la Educación. Superación para el docente*. La Habana: Editorial ICCP.
- Chávez Rodríguez, Justo. (2008). *Apuntes para el Examen Estatal de Pedagogía*. Soporte digital, La Habana.
- Checkland, Peter. (1981). *Systems Thinking Systems Practice*. New York: Wiley.
- Chew, Geoffrey. (1968). Bootstrap: A scientific idea?. *Science*(161), 762-765.
- CIFPOE. (1998). *Plataforma teórico-metodológica*. La Habana: Imprenta del ISPEJV.
- CIRET-UNESCO. (1994). *Proceedings of World Congress of Transdisciplinarity*:. Centre International de Recherches et Etudes Transdisciplinaires (CIRET). Lisbon: UNESCO. Website (<http://perso.club-/internet.fr/nicol/ciret/>).
- CIRET-UNESCO. (1997). ¿Qué universidad para el mañana? Hacia una evolución transdisciplinaria de la universidad. Locarno: UNESCO.
- Cisneros, César. (2001). Pensamiento borroso y Narrativas cotidianas. *Revista Casa del Tiempo. Universidad de Puebla (Puebla)*.
- CITMA. (2002). Resolución 132/2002 Sobre la Política Científica de las Ciencias Sociales y Humanísticas en Cuba. Resolución Ministerial, CITMA, La Habana.
- Cocho, G. (1999). Sobre la contribución de Prigogine, Haken, Atlan y el Instituto de Santa Fe al estudio de la dinámica de los sistemas complejos. En G. Cocho, *Perspectivas en las teorías de sistemas*. (págs. 45-50). México: UNAM.
- Colom Cañellas, A.J. (1982). Teoría y metateoría de la educación. Un enfoque a la luz de la Teoría General de Sistemas. México: Editorial Trillas.
- Colom Cañellas, A.J. (2002). La deconstrucción del conocimiento pedagógico. Nuevas perspectivas en teoría de la educación. Barcelona.
- Colom Cañellas, A.J. y Núñez, L. (2001). *Teoría de la Educación*. Madrid: Síntesis Educación.
- Cornejo Álvarez, Alfonso. (1993). *Administración de Tecnología y Caos. Organización Celular*. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Cornejo Álvarez, Alfonso. (2004). *Complejidad y Caos. Guía para la Administración del siglo XXI*. Monterrey: Tecnológico de Monterrey, México.

- Correa Iglesias, Antonio. (2007). Accesos de sentido. *Revista Utopía y Praxis Latinoamericana*, 12(38), 45-57.
- Correa, Cecilia. (2000). *De la complejidad de las organizaciones en la metateoría curricular*. Obtenido de [http://www.icfes.gov.co/pensa/Interior/cer\\_educa.html](http://www.icfes.gov.co/pensa/Interior/cer_educa.html)
- Cortés Morató, Jordi y Martínez Riu, Antoni. (1999). *Diccionario de filosofía en CD-ROM*. Barcelona, España: Editorial Herder S.A.,.
- Crane, David. (1972). *Invisible Colleges*. Chicago: University of Chicago Press.
- Crespo Zafra, Lourdes. (2005). Metodología de autoevaluación de la dinámica curricular desarrolladora. Camagüey: Universidad de Camagüey.
- Cuckley, Walter. (1977). *La Sociología y la Teoría moderna de los sistemas*. Buenos Aires: Amorrortu Editores.
- D'Angelo Hernández, Ovidio. (2005). Autonomía integradora y transformación social: El desafío ético emancipatorio de la complejidad. La Habana: Acuario.
- D'Angelo Hernández, Ovidio. (2008). Contextualidades complejas y subjetividades emancipatorias. *Pensando la Complejidad*, II(V), 6-26.
- D'Angelo Hernández, Ovidio. (2009). Palabras del Editor. Sobre autoorganización. *Pensando la Complejidad*, III(VI), 1.
- D'Angelo Hernández, Ovidio. (2011). Investigación y transformación social con enfoque transdisciplinar complejo. En J. F. García Rodríguez, *Transdisciplina y desarrollo humano*. (págs. 132-151). México: Editorial Dirección de Calidad y Enseñanza en Salud de la Secretaría de Salud del Estado de Tabasco. ISBN: 968-5518-32.
- Dámera, Martínez, Arnaldo; Portuondo Padrón, Roberto. (2010). *Evaluación transdisciplinar del desempeño como restricción de no equilibrio*. La Habana: Memorias en CD-ROM del Palacio de las Convenciones.
- De Freitas, Lima; Morin, Edgar; Nicolescu, Basarab. (1994). *El Manifiesto de la Transdisciplinarietà*. Setúbal: Convento de Arrábida.
- De Guzmán Ozamiz, Miguel, et. al. (1993). *Estructuras fractales*. Madrid: Editorial Labor.
- De la Rúa Batista, Manuel. (2000). La Interdisciplinarietà: Una necesidad en el perfeccionamiento de la enseñanza de las ciencias sociales. Tesis doctoral,. La Habana: Universitaria.
- De Rosnay, J. (1977). El macroscopio: Hacia una visión global. Madrid: Cátedra.
- De Rosnay, J. (1996). El hombre simbiótico. Miradas sobre el tercer milenio. Madrid: Cátedra.
- Defila, Rico y Antonietta Di Giulio. (1999). Evaluating Transdisciplinary Research. PANORAMA Newsletter of the Swiss Priority Program Environment. En: [http://ikaoewww.unibe.ch/forschung\(1\)](http://ikaoewww.unibe.ch/forschung(1)).
- Delgado Díaz, Carlos (ed.). (2006a). *Bioética y medio ambiente*. La Habana: Félix Varela.
- Delgado Díaz, Carlos. (2002). *La filosofía del marxismo ante la revolución del saber contemporáneo*. Ponencia presentada en la Cátedra de Complejidad del Instituto de Filosofía de Cuba, La Habana.
- Delgado Díaz, Carlos. (2004). *La importancia política de las cosas pequeñas*. La Habana: Memorias en CD-ROM del Palacio de las Convenciones de la Habana.
- Delgado Díaz, Carlos. (2006b). Modelo Educativo: Multiversidad, Mundo Real "Edgar Morin". Ponencia presentada en el IV Seminario Internacional Complejidad 2006. Palacio de las Convenciones. La Habana.
- Delgado Díaz, Carlos. (2007). Hacia un nuevo Saber. La Bioética en la revolución contemporánea del Saber. La Habana: Editorial Acuario.

- Delgado Díaz, Carlos. (2008). *Revolución científica y bioética*. La Habana: Félix Varela.
- Delgado Díaz, Carlos. (2009). Programa del curso de Postgrado: La Revolución contemporánea del Saber: Bioética, Complejidad, Epistemología de segundo orden y Holismo ambiental. La Habana: Universidad de la Habana.
- Delgado Díaz, Carlos. (2010). Diálogo de saberes para una reforma del pensamiento y la enseñanza en América Latina: Morin, Potter, Freire. *Estudios*, VIII(93), 23-44.
- Delgado Díaz, Carlos Jesús. (2011). Transdisciplina, curricula universitaria e investigación. En J. F. García Rodríguez, *Transdisciplina y desarrollo humano*. (págs. 132-151). México: Editorial Dirección de Calidad y Enseñanza en Salud de la Secretaría de Salud del Estado de Tabasco.
- Delgado Díaz, Carlos y Sotolongo Codina, Pedro Luís. (2004). La revolución contemporánea del saber y la complejidad social. Hacia unas ciencias sociales de nuevo tipo. Buenos Aires: CLACSO.
- Delgado Guerrero, Imai. (1997). La educación artística como parte de la educación estética: instrumento práctico espiritual en el descubrimiento y apropiación del valor. La Habana: Universidad de La Habana.
- Detrain, y J.L. Deneubourg. (2006). ‘Self-organized structures in a Superorganism: do ants “behave” like molecules?’. *Physics of Life Reviews*(3), 162.
- Dewey, John. (1966). *Democracy and Education*. Nueva York: The Free Press.
- Díaz Caballero, José, et al. (2001). *Tecnología y Sociedad*. La Habana: CUJAE.
- Diegoli, Samantha. (2003). El comportamiento de los grupos pequeños de trabajo bajo perspectiva de la complejidad: Modelos descriptivos y estudio de casos. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Diegoli, Samantha. (2004). Una metodología para aprehender los aspectos caóticos y borrosos de la dinámica no-lineal de los grupos. Barcelona: Universidad de Barcelona. Soporte digital.
- Dieterich, Heinz. (2005). *El Socialismo del Siglo XIX*. México: Fnndo de Cultura Económica.
- Dilthey, Wilhelm. (1976). The rise of hermeneutics. En P. (. Connerton, *Critical sociology*. New York: Penguin.
- Dold, A. and Eckmann, B. (eds.). (1976). *Structural Stability, the Theory of Catastrophes and Applications in the Sciences*. Berlin: Springer-Verlag.
- Dooley, Kevin, Johnson, Timothy, Bush, David. (1995). Theory Quality Management, Chaos, and Complexity. *Human Systems Management*, 14 (4), 1-16.
- Dupuy, J.P. (1993). Orden, desorden y autoorganización. *Revista Archipiélago*(13), 56-64.
- Eco, Umberto. (1978). *La estructura ausente*. Barcelona: Editorial Lumen.
- Eco, Umberto. (1998). *La Democracia y los libros. Conferencia dictada el 30 de octubre*. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Buenos Aires.
- Eigen, Manfred. (1971). Molecular self-organization and the early stages of evolution. *Experientia*(27), 149-212.
- Eigen, Manfred; Schuster P. (1979). *The Hypercycle*. Berlin: Springer.
- Eigen, Manfred; Winkler R. (1975). *Laws of the Game*. New York: Knopf.
- Ellul, Jacques. (1996). *El Siglo XX y la técnica*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Engels, Federico. (1979). *Dialéctica de la Naturaleza*. La Habana: Editora Política.
- Epstein, Joshua; Axtell, R. (1996). *Growing artificial societies: Social science from the bottom up.*. Cambridge, USA: Massachusetts Institute of Technology Press.
- Espejo, Raúl. (1994). What is systemic thinking? *System Dynamics Review*, 10(2-3), 199-212.



- Espina Prieto, Mayra. (2003). Complejidad y pensamiento social. En L. Carrizo, M. Espina Prieto, & J. T. Klein, *Transdisciplinariedad y Complejidad en el Análisis Social*. (págs. 9-29). París: Programa MOST, UNESCO.
- Espina Prieto, Mayra. (2007). Complejidad, transdisciplina y metodología de la investigación social. *Revista Utopía y Praxis Latinoamericana*, 12(38), 29-44.
- Fariña León, Gloria. (1997). *Maestro, una estrategia para la enseñanza*. Ciudad de la Habana: Editorial Academia.
- Fariña León, Gloria. (2003). La otra cara del didactismo. *Revista Educación*. No. 108, 5.
- Fariña León, Gloria. (2004). *Maestro, para una didáctica del aprender a aprender*. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Farmer, Doyne, Tomaso, Toffoli, Wolfram, Stephen. (1984). *Cellular Automata*. North-Holland.
- Ferguson, Marylin. (1987). *La conspiración de acuario*. Madrid: Biblioteca fundamental.
- Fermoso Estébanez, Paciano. (1988). *Teoría de la Educación*. México: Editorial Trillas.
- Fernández de Alaiza, Berta. (2001). La interdisciplinariedad como base de una estrategia para el perfeccionamiento del diseño curricular de una carrera de ciencias técnicas y su aplicación en la ingeniería en automática en la República de Cuba. Tesis doctoral. Pinar del Río: Edutesis.
- Feyerabend, Paul K. (1981). *Tratado contra el método*. Madrid: Tecnos.
- Figaredo Curiel, Francisco. (2002). *Fines de la Educación CTS en Cuba*. Tesis de Doctorado, Universidad de la Habana, La Habana.
- Figaredo Curiel, Francisco. (2009). La emergencia Ciencia, Tecnología, Sociedad. *Revista Pensando la Complejidad*, III(VII), 45-63.
- Filgueiras Sainz de Rozas, Miriam. (2010). *Modelos de dinámicas no lineales para la dirección organizacional en las empresas cubanas*. Habana: Memorias CD, Congreso Complejidad 2010, Palacio de las Convenciones.
- Flores-Malagón, A. (2002). Desafíos de la Transdisciplinariedad. *Revista Pensar*.
- Follari, Roberto. (1993). La Filosofía y la Educación: nuevas modalidades de una vieja relación. Buenos Aires.
- Follari, Roberto. (2000). *Alan Sokal: la insuficiencia de pruebas*. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo.
- Forrester, J.W. (1968). *Principles of Systems*. Wright-Allen Press.
- Fox Keller, Evelyn. (1994). La paradoja de la subjetividad científica. En D. (. Fried Schnitman, *Nuevos Paradigmas, Cultura y Subjetividad*. Barcelona: Editorial Paidós.
- Franco, Raimundo; Dieterich, Heinz. (1998). Aportes de las ciencias naturales a la posibilidad de la democracia. En H. Dieterich, R. Franco, & A. Peters, *Fin del Capitalismo Global. El nuevo Proyecto histórico*. (págs. 81-104). México: Editorial Nuestro Tiempo.
- Francois, Charles. (2009). Transdisciplinariedad, cibernética y sistémica para comprender la realidad. Una nueva metodología para la gestión de las situaciones multifacéticas de la realidad. *Pensando la Complejidad*(VII), 3-7.
- Francois, Charles, ed. (2004). *International Encyclopedia of Systems and Cybernetics*. Saur.
- Freire, Paulo. (1994). *Pedagogía de la esperanza*. Sao Paulo: Editorial Paz y Tierra.
- Fried Schnitman, Dora (ed.). (1994). *Nuevos Paradigmas, Cultura y Subjetividad*., Barcelona: Editorial Paidós.

- Fuller, Steve. (2001). ¿Se han extraviado los estudios de la ciencia en la trama kuhniana?: sobre el regreso de los paradigmas a los movimientos. En A. y. Ibarra, *Desafíos y tensiones actuales en Ciencia, Tecnología y Sociedad* (págs. 71-98). Madrid: Organización de Estados Iberoamericano (OEI).
- Gadamer, Hans Georg. (1977). *Verdad y método: fundamentos de una hermenéutica filosófica*. Salamanca: Sígueme.
- Gadamer, Hans Georg. (1981). *La razón en la época de la ciencia*. Barcelona: Alfa.
- Gadamer, Hans Georg. (1995). *El inicio de la filosofía occidental*. Barcelona: Paidós.
- Galperin, P.Ya. (1979). Tipos de orientación y de formación de las acciones y de los conceptos. En C. d. Autores, *Temas de Psicología*. Ciudad de la Habana: Editorial Orbe.
- García Cuadrado, Amparo. (1995). Notas sobre la teoría general de sistemas. *Revista General de Información y Documentación*, 5(1), 197-213.
- García J. Eduardo. (2004). Educación ambiental, constructivismo y complejidad. España: Díada Editora.
- García Rodríguez, José Félix y Betancourt, José. (2010). *Enfoque de los sistemas complejos en Salud*. Tabasco: Editorial de la Dirección de Calidad y Enseñanza en Salud del Estado de Tabasco.
- García Velarde, M., Chacón García, R. y Cuadros Blázquez, F. (1991). Caos determinista: el nuevo paradigma. *Arbor*, CXXXVIII(543), 9-16.
- Gardner, John. (1963). *Self-Renewal*. Evanston, Ill: Harper.
- Gell-Mann, Murray. (1998). *El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo*. Barcelona: Tusquets Editores, S.A.
- Gibert Galassi, Jorge, Correa, Beatriz. (2001). La teoría de la Autopoiesis y su aplicación en las ciencias sociales. *Revista electrónica Cinta de Moebio*. Diciembre(12).
- Gil, Alberto. (2008). Los porteros de fútbol, ¿se comportan como sistemas complejos? Estudios de Iker Casillas y Víctor Valdés. Tesis de Doctorado. Barcelona.
- Gleick, James. (1988). *Caos, la creación de una ciencia* (Segunda ed.). Barcelona, España: Seix Barral.
- Goldberger, A.L., et. al. (1990). Caos y fractales en la Fisiología humana. *Investigación y Ciencia*, 163.
- González Casanova, Pablo. (2004). Las nuevas ciencias y las humanidades. De la academia a la Política. México: Anthropos Editorial.
- González García, Matha Inés, I. (1996). Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: Editorial Tecnos.
- González García, Matha Inés, et. al. (1997). *Ciencia, tecnología y sociedad: lecturas seleccionadas*. Barcelona: Editorial Ariel.
- González Moena, Sergio (Comp.). (1997). Pensamiento complejo. En torno a Edgar Morín, América Latina y los Procesos Educativos. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- González Moena, Sergio. (1999). Notas para una epistemología de la complejidad. En C. E. Maldonado, *Visiones sobre la complejidad*. (págs. 55-74). Bogotá: Ediciones El Bosque.
- González Velasco, Juan Miguel. (2010). *Teoría educativa 'Transcompleja'*. Ponencia presentada en el 5to. Seminario Internacional Complejidad 2010. Palacio de las Convenciones., La Habana.
- Gorelik, George. (1975). Principal Ideas of Bogdanov's "Tektology": The Universal Science of Organization. *General Systems*, XX, 3-13.
- Guetmánova, A. (1986). *Lógica*. Moscú: Editorial Progreso.

- Guilli, Mario. (2001). ¿Qué es la complejidad? *Foro digital*.
- Gutiérrez Gómez, Alfredo. (1998). Edgar Morín y las posibilidades del pensamiento complejo. *Revista Metapolítica*, 2(8), 36-50.
- Gutiérrez Ríos, Julio. (2005). Biografía de Lofti Asker Zadeh. En ocasión de la entrega del Honoris Causa de la Universidad Politécnica de Madrid. *Anuario de la Universidad Politécnica de Madrid*.
- Gutowitz, Howard (ed.). (1991). *Cellular Automata: Theory and Experiment*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Haken, Hermann. (1981). *Chaos and Order in Nature*. New York: Springer.
- Haken, Hermann. (1983). *Laser Theory*. Berlin: Springer.
- Haken, Hermann. (1986). *Fórmulas del éxito de la Naturaleza*. Barcelona: Salvat.
- Haken, Hermann. (1987). Synergetics: An Approach to Self-Organization. En E. Yates, *Self-Organizing Systems*. Nueva York: Plenum.
- Heckhause, Heinz. (1997). *Sobre la interdisciplinariedad*. Bochum: Universidad de Bochum.
- Heidegger, Martin. (1971). *Conferencias y artículos*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Heidegger, Martin. (1974). *El ser y el tiempo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Henagulph, S. (2000). *Three pillars of transdisciplinarity*. Montréal : <http://www.goodshare.org/pillars.htm>.
- Hernández Rabell, Lourdes. (2003). La Transdisciplinariedad: una acción prioritaria de la Educación Superior a comienzos del Tercer Milenio. La Habana: ISJAE.
- Herrera Torres, Isaías. (2008). Reflexión filosófica en torno a la educación y su mediación cultural: una perspectiva desde el pensamiento complejo. Tesis de Doctorado. La Habana: Editorial Universitaria, MES.
- Herrscher, Enrique. (2005). Planeamiento Sistémico: un enfoque estratégico para conducir en la oscuridad. Buenos Aires: Editorial Macchi.
- Herrscher, Enrique. (2007). *El Círculo virtuoso. Cambiar-Planificar-Aprender-Cambiar*. Buenos Aires: Editorial Granica.
- Herrscher, Enrique G. (2003). *Pensamiento sistémico*. Buenos Aires: Editorial Granica.
- Hidalgo Tuñón, Alberto, et. al. (1998). *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Oviedo: Proyecto Symploké.
- Horgan, John. (1995). De la complejidad a la perplejidad. *Revista Investigación y Ciencia*, 71-77.
- Horgan, John. (1996). *The End of Science: Facing the limits Knowledge in the twilight of the Scientific Age*. New York: Broadway Books.
- Husserl, Edmund. (1973). *La filosofía como ciencia estricta*. Buenos Aires: Nova.
- Ibáñez, Jesús. (coord.). (1990). Nuevos avances en la investigación social, la investigación de segundo orden. Barcelona: Anthropos.
- ISPEJV. (1995). *Programa de la disciplina Formación pedagógica general*. ISPEJV, Facultad de Ciencias de la Educación. La Habana: Imprenta del ISPEJV.
- Jantsch, Erich. (1975). Hacia la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en la enseñanza y la innovación. En L. Apostel, & e. al., *Interdisciplinariedad. Problemas de la enseñanza y de la investigación en las universidades*. (págs. 110-141). México.: ANUIES.
- Japiassu, H. (1976). *Interdisciplinariedad y la patología del saber*. Río de Janeiro: Imago Editora.
- Jeffrey, P. (August de 2003). Smoothing the Waters: Observations on the Process of Cross-Disciplinary Research Collaboration. *Social Studies of Science*, 33, 539-562.

- Jiménez, Carolina. (1997). Entre los umbrales de la realidad. *Revista electrónica Cinta de Moebio*. Diciembre(2), 8.
- Katz, Daniel y Khan, Robert. (1966). *La psicología social de las organizaciones*. México: Trillas.
- Kauffman, Stuart. (1993). *The Origins of Order, Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Kauffman, Stuart A. (2003). *Investigaciones*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Klein, Julie. (1990). *Interdisciplinarity. History, Theory & Practice*. Detroit: Wayne State University Press .
- Klein, Julie; et. al. (2001). *Transdisciplinarity: Joint Problem Solving among Science, Technology and Society*. Basel: Birkhäuser.
- Klein, Julie. (2003). Transdisciplinarietà: Discurso, Integración y Evaluación. En L. Carrizo, M. Espina Prieto, & J. T. Klein, *Transdisciplinarietà y Complejidad en el Análisis social*. París: Programa MOST, UNESCO.
- Kosko, Bart. (1995). *Pensamiento borroso. La nueva ciencia de la lógica borrosa*. Barcelona: Editorial Crítica, Grijalbo Mondadori, S.A.
- Kuhn, Thomas Samuel. (1962/2000). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, Thomas Samuel. (1994). Los paradigmas científicos. En J. Issa, *Aproximación a la metodología de las ciencias sociales*. (págs. 175-212). México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Kulakov, A., Rumiantsev, A. (1988). *Introducción a la física de los procesos no lineales*. Moscú: Editorial Mir.
- Laszlo, Erwin. (1988). *Evolución: la gran síntesis*. Madrid: Espasa Calpe.
- Laszlo, Erwin. (1995). *The Interconnected Universe: Conceptual Foundations of Transdisciplinary Unified Theory*. Singapore: World Scientific.
- Lenin, V.I. (1983). *Materialismo y Empiriocriticismo. Obras Completas, 5ta. Edición*. (Vol. 18). Moscú: Editorial Progreso.
- León Martínez, Santiago. (2004). Ambiente, actividad física y promoción de salud: atrapados por la complejidad. Ponencia al II Seminario Biental Inter-nacional de la Complejidad. Ciudad de La Habana: Memorias.
- Leopold, Aldo. (1949). *A Sand Country Almanac, with other essays on conservation from Round River y Land Ethics*.
- Lerbet, G. (1995). *Les nouvelles Sciences de l'Éducation*. Paris: Nathan.
- Lewin, Roger. (1992). *Complejidad. El caos como generador del orden*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Lipman, Mathew. (1997). *Pensamiento complejo y educación*. Madrid: Ediciones de la Torre.
- Lombana Rodríguez, Raúl. (2005). *La superación profesional con enfoque interdisciplinario en el docente de humanidades de la escuela de instructores de arte*. Tesis doctoral. La Habana: Editorial Universitaria del MES.
- López Cerezo, José Antonio. (1998). Kuhn en contexto social. En C. (. Solís, *Alta tensión: historia, filosofía y sociología de la ciencia. Ensayos en honor de Thomas Kuhn*. Barcelona: Paidós.
- López Hurtado, Josefina. (2000). *Fundamentos de la Educación*. . La Habana.: Editorial Pueblo y Educación.
- López, F. y Brambilla, F. (2007). *Antropología fractal*. México: Sociedad Matemática Mexicana-CIMAT.
- Lorenz, Edward. (1963). Deterministic Nonperiodic Flow. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 20, 130-141.

- Lotman, Y.M. (1999). *Cultura y explosión: lo previsible y lo imprevisible en los procesos de cambio social*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Lovelock, James. (1979). *Gaia: A New Look at Life on Earth*. New York: Springer-Verlag.
- Lowy, Michael. (1991). *¿Qué es la Sociología del conocimiento?*. México: Editorial Fontamara.
- Macías Llanes, María Elena. (2006). *Los Estudios sociales de la Ciencia y la Tecnología en el campo de la Salud: una experiencia en la Educación de Postgrado*. Tesis de Maestría. Ciudad de la Habana: Dirección de Postgrado de la Universidad de la Habana.
- Maldonado, Carlos, Eduardo. (2008). Complejidad y Ciencias Sociales desde el aporte de las matemáticas cualitativas. *Revista electrónica Cinta de Moebius*(33).
- Maldonado, Carlos, Eduardo. (1999). *Visiones sobre la complejidad*. Santafé de Bogotá: Ediciones El Bosque.
- Mandelbrot, Benoit. (1967). How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension. *Science, New Series, Vol. 156*(3775), 636-638.
- Mandelbrot, Benoit. (1987). *Los objetos fractales: forma, azar y dimensión*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Mandelbrot, Benoit. (1997). *La geometría fractal de la naturaleza*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Mañalich, R. (1998). Interdisciplinairidad y Didáctica. *Revista Educación*(94).
- Marcpherson, E.D. (1998). Caos en el curriculum. *Revista de Estudios del Currículum (REC)*, 147-168.
- Margot, Jean Paul. (1999). *Modernidad, crisis de la modernidad y postmodernidad*. Santafé de Bogotá: Ediciones Uninorte.
- Martí, José. (1975). *Educación Popular. Obras Completas*. (Vol. 19). La Habana: Editorial de Ciencias Sociales, pág. 375.
- Martí, José. (1997). Edison. En C. Vitier, *Cuadernos Martianos. No. 4, Martí y la Universidad*. (pág. 283). La Habana: Editorial Félix Varela.
- Martínez Álvarez, Fidel. (1999). Hacia una visión social integral de la ciencia y la tecnología. *Revista CTS + I. Sala de Lectura*. Madrid. Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) <http://www.oei.org.co/cts/vision.htm>.
- Martínez Álvarez, Fidel. (2000). *La visión social de la Tecnociencia en Cuba*. Tesis de Maestría, Universidad de la Habana, Dirección de Postgrado, La Habana.
- Martínez Álvarez, Fidel. (2008). El Enfoque de la Complejidad y su impacto en la nueva Revolución del Saber. Ponencia presentada en IBERGECYT 2008, Hotel Habana Libre. La Habana: CITMA, Memorias en CD-ROOM.
- Martínez Álvarez, Fidel. (2009). El Enfoque transdisciplinario de la Complejidad y su importancia para la renovación epistemológica de la educación científica. Universidad de Camagüey. Camagüey: MES, Memorias de Universidad 2010.
- Martínez Álvarez, Fidel. (2010a). Antecedentes y fundamentos epistemológicos de la Auto-organización. Ponencia presentada en 5to. Taller Internacional Complejidad'2010 del 4-8 de enero. La Habana.
- Martínez Álvarez, Fidel. (2010b). Algunos antecedentes teóricos de la auto-organización. *Revista Perfiles de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma de Lima. Diciembre* (10, Año 10), EI26-EI36, ISSN-1996-6660.
- Martínez Álvarez, Fidel. (2010c). Los Estudios de la Autoorganización y su importancia para la integración del Saber. En J. F. García Rodríguez, *Enfoque de los sistemas complejos en Salud*. (págs. 190-214). Tabasco, México: Editorial de la Dirección de Calidad y Enseñanza en Salud del Estado de Tabasco.

- Martínez Álvarez, Fidel. (2010d). La Educación desde la perspectiva transdisciplinaria de la Complejidad. Ponencia presentada en el Evento Provincial Preparatorio para el Congreso Internacional Pedagogía 2011, efectuado el 30 de Octubre de 2010 en Camagüey. La Habana: CD-ROM Memorias Congreso Internacional Pedagogía 2011. ISBN 978-959-18-0578-2.
- Martínez Álvarez, Fidel. (2011a). *Fundamentos epistemológicos para la construcción de una Educación transdisciplinaria en Cuba. Tesis de Doctorado*. La Habana: Centro de Perfeccionamiento de la Educación Superior de la Universidad de la Habana. En: <http://revistas.mes.edu.cu/greenstone/collect/repo/index/assoc/D9789591/618771.dir/9789591618771.pdf>.
- Martínez Álvarez, Fidel. (2011b). La Educación desde la perspectiva transdisciplinaria de la complejidad. En J. F. García Rodríguez, *Transdisciplina y desarrollo humano*. (págs. 152-175). Tabasco: Editorial Dirección de Calidad y Enseñanza en Salud de la Secretaría de Salud del Estado de Tabasco, México. ISBN: 968-5518-32-7.
- Martínez Álvarez, Fidel. (2011c). Transdisciplina, Cultura Física y Deportes. Programa de Curso de Postgrado para la Facultad de Cultura Física de Camagüey. Camagüey: Inédito.
- Martínez Álvarez, Fidel. (2012a). Transdisciplina y Cultura Física. Curso Postdoctoral para toda la Red de Facultades de la Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el Deporte "Manuel Fajardo" de Cuba. Camagüey: Inédito.
- Martínez Álvarez, Fidel y Martín Sánchez. Carlos Manuel. (2012b). Introducción: ¿Por qué complejidad y actividad táctica? En C. M. Martín Sánchez, *Actividad táctica: caos y orden mental*. (págs. 12-45). Madrid: Editorial Académica. ISBN: 978-3-659-04265-2.
- Martínez Escanaverino, José. (2005). *Curso de Teoría de Grafos*. La Habana: CD-ROM Diplomado de Complejidad del Instituto de Filosofía de Cuba.
- Martínez Miguélez, Miguel. (1996). *Comportamiento Humano: Nuevos métodos de investigación*. México: Editorial Trillas.
- Martínez Miguélez, Miguel. (2002). *Un nuevo enfoque paradigmático de la Medicina*. Caracas: Universidad Simón Bolívar.
- Martínez Miguélez, Miguel. (2009). Transdisciplinariedad: Un enfoque para la complejidad del mundo actual. (La Habana), Año III, p. 13-29. *Revista Pensando la Complejidad, III(7)*.
- Martín Sánchez. Carlos Manuel. (2012). *Actividad táctica: caos y orden mental*. Madrid: Editorial Académica. ISBN: 978-3-659-04265-2.
- Maruyama, Magoroh. (1963). The 2nd Cybernetics: Deviation-amplifying mutual causal processes. *American Scientist*, 51(2).
- Matos Hernández, Eneida, Fuentes González, Homero, Montoya Rivera, Jorge. (2007). *Lógica de investigación y construcción de texto científico*. Bogotá: Universitaria.
- Mattessich, Richard. (1984). "The Systems Approach: Its Variety of Aspects". *General Systems*, 28, 29-40.
- Maturana, Humberto. (1995). La realidad: ¿Objetiva o construida? I. Fundamentos biológicos de la realidad. México: Universidad Iberoamericana.
- Maturana, Humberto. (1997a). *El sentido de lo humano*. Santiago de Chile: Dolmen.
- Maturana, Humberto. (1997b). *La objetividad: Un argumento para obligar*. Santiago de Chile: Editorial Dolmen.
- Maturana, Humberto y Varela, Francisco. (1990). *El Árbol del Conocimiento: las bases biológicas del conocimiento humano*. Madrid: Debate.

- Mayer Frederik. (1967). *Historia del pensamiento pedagógico*. Buenos Aires: Editorial Kapeluz.
- Mayers, Robert, A. (Ed.). (2009). *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*. New York: Springer Science.
- McKenzie, Carole, James Kim. (2005). Aesthetics as an aid to understanding complex systems and decision judgement in operating complex systems. *Komplex*.
- Medina, Manuel. (1995). Tecnología y filosofía: más allá de los prejuicios epistemológicos y humanistas. *Revista Isegoría*(12), 174-189.
- Mejía Navarrete, Julio. (2002). Perspectiva de la investigación social de segundo orden. *Revista electrónica Cinta de Moebio*(14).
- Merleau-Ponty, M. (1975). *Fenomenología de la percepción*. Madrid: Península.
- MES. (1998). La universidad a las puertas del nuevo siglo: Una visión desde Cuba. La Habana: Ministerio de Educación Superior de Cuba.
- Mier, Raimundo. (1998). Ilya Prigogine y las fronteras de la certidumbre. *Revista Metapolítica*, 2(8), 63-78.
- Mitcham Carl. (1995). Tres formas del ser-con la tecnología. En Á. A. Zamora, *El Dédalo y su estirpe (Historia, Tecnología, Filosofía)* (págs. 169-208). San José: Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- Moon, Francis. (1990). *Chaotic and Fractal Dynamics*. New York: Springer-Verlag.
- Morales Calatayud, Marianela. (2001). Estudios Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) en Cuba. Las imágenes ciencia-tecnología-sociedad en el contexto de educación. Tesis de Doctorado. Universidad de la Habana. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Moreno, Juan Carlos. (2002a). Tres teorías que dieron origen al pensamiento complejo: sistémica, cibernética e información. En M. A. Velilla, *Manual de iniciación pedagógica al Pensamiento Complejo*. (págs. 24-35). Bogotá: ICFES-UNESCO.
- Moreno, Juan Carlos. (2002b). Fuentes, autores y corrientes que trabajan la Complejidad. En M. A. Velilla, *Manual de iniciación pedagógica al Pensamiento Complejo*. (págs. 11-23). Bogotá: ICFES-UNESCO.
- Morin, Edgar. (1994b). *El Hombre y la muerte*. Barcelona: Editorial Kairos.
- Morin, Edgar. (2001). *El cine o el hombre imaginario*. Barcelona: Paidós.
- Morin, Edgar. (1976). Pour une crisologie. *Communications*(15), 147-158.
- Morin, Edgar. (1981). El Método. Vol. I. La Naturaleza de la Naturaleza. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Morin, Edgar. (1983). *El método. Vol. II. La vida de la vida*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Morin, Edgar. (1984). *Ciencia con Conciencia*. Barcelona: Anthropos.
- Morin, Edgar. (1984). *Ciencia con Conciencia*. Barcelona: Anthropos.
- Morin, Edgar. (1986). El método. Vol. III. El Conocimiento del Conocimiento. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Morin, Edgar. (1994a). Epistemología de la complejidad. En D. (. Fried Schnitman, *Nuevos Paradigmas, Cultura y Subjetividad*. (págs. 421-442). Barcelona: Editorial Paidós.
- Morin, Edgar. (1996b). Carta de la transdisciplinariedad. *Sociología y Política*(8), 98-102.
- Morin, Edgar. (1998). *Introducción al Pensamiento complejo*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Morin, Edgar. (1998a). *Introducción al Pensamiento complejo*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Morin, Edgar. (1999). Los siete saberes necesarios para la educación del futuro.

- Morín, Edgar. (2003). El método. Vol. V. La Humanidad de la Humanidad. La identidad humana. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Morín, Edgar. (2010). Por un pensamiento del Sur. *Instituto Peruano de Pensamiento Complejo Edgar Morin*, 11.
- Motta, Raúl. (2000). Complejidad, educación y transdisciplinariedad. *Signos universitarios*, XX(37), 69-92.
- Munné, Frederic. (1993). La teoría del caos y la psicología social. En I. Fernández Jiménez, & M. (. M.F., *Epistemología y procesos psicosociales básicos*. Sevilla: Eudema.
- Munné, Frederic. (1994). Complejidad y caos: Más allá de una ideología del orden y del desorden. En M. (. Montero, *Conocimiento, realidad e ideología*. Caracas: Avespo.
- Munné, Frederic. (1995). Las teorías de la complejidad y sus implicaciones en las ciencias del comportamiento. *Revista Interamericana de Psicología*, 1(29), 1-12.
- Najmanovich, Denise. (2002). La complejidad: De los paradigmas a las figuras del pensar. Ponencia presentada al Seminario Internacional Complejidad 2002. La Habana: CD-Room del Palacio de las Convenciones.
- Najmanovich, Denise. (2005). Estética de lo complejo. *Revista de la Universidad CAECE de Buenos Aires*., 21.
- Navarro Cid, José. (2001). *Las organizaciones como sistemas abiertos alejados del equilibrio*. Tesis de Doctorado. Barcelona: Facultad de Psicología de la Universidad de Barcelona, <http://www.tdcat.cesca.es>.
- Navarro, Pablo. (1997). El problema de la complejidad social humana. Dossier del Curso de Postgrado impartido en la Facultad de Informática de la UPV, 28.
- Navarro, Pablo. (1998). Ciencia y cibernética: Aspectos teóricos. En J. Ibáñez, *Nuevos avances en la investigación social: La investigación social de segundo orden*. (Vol. I, págs. 41-47). Barcelona: Proyecto A, 2da, Edición.
- Nemeth-Baumgartner, A. (1993). *Macrometaoia. Un Nuevo orden. Una nueva civilización*. Santiago de Chile: Editorial Sudamericana.
- Nicolescu, Basarab. (1999). La Transdisciplinariedad: una nueva visión del mundo. En B. Nicolescu, & a. et., *La Transdisciplinariedad*. México: International Center for Transdisciplinary Research de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Núñez Jover, Jorge. (1998a). *Programa Nacional en Estudios Ciencia, Tecnología, Sociedad (RED CTS)*. Informe administrativo, Universidad de la Habana, Dirección de Postgrado.
- Núñez Jover, Jorge. (1998b). *¿Qué es el Programa Nacional de Estudios CTS?*. La Habana: Dirección de Postgrado de la Universidad de la Habana.
- Núñez Jover, Jorge. (1999a). *La ciencia y la tecnología como proceso sociales*. La Habana: Editorial "Félix Varela".
- Núñez Jover, Jorge, López Cerezo, José Antonio. (1999b). Innovación tecnológica, innovación social y estudios CTS en Cuba. *Sala de Lecturas de la OEI*, 14.
- Núñez Jover, Jorge; Macías Llanes, María Elena, (comp.). (2008). *Reflexiones sobre Ciencia- Tecnología y Sociedad. Lecturas Escogidas*. La Habana: Editorial Ciencias Médicas (ECIMED).
- Nuño Solinís, Roberto. (2005). Atención sanitaria basada en el conocimiento. *Revista de Administración Sanitaria*. Abril, 3(2), 361-371.
- Oliva Figueroa, Iván. (2006). Hacia un enfoque complejo del proceso de reforma educativa en Chile: Aproximaciones al conocimiento pedagógico generado en contextos de formación inicial docente. Tesis doctoral, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Educación.



- Oliva Figueroa, Iván. (2007). Conocimiento y Complejidad: Aportes a una paradigmología de lo educativo. *Revista Estudios Pedagógicos, Versión On-line*, 3(3).
- Oliva Figueroa, Iván. (2008). Conocimiento, Universidad y Complejidad: bosquejos epistémicos y metodológicos para una vinculación transdisciplinaria. *Revista Estudios Pedagógicos, Versión On-line*, 34(2), 227-243.
- Ortiz Hernández, Eloy, Martínez Álvarez, Fidel, González Mora, Ania. (2006). *Teoría del Caos y Sistemas complejos. Aplicaciones en Salud*. Programa de Curso de Postgrado, Universidad de las Ciencias Médicas "Carlos J. Finlay", Centro de Medicina y Complejidad, Camagüey.
- Ortiz Hernández, Eloy, Martínez Álvarez, Fidel, González Mora, Ania. (2008). *Introducción al Pensamiento complejo en Salud*. Programa de Postgrado, Universidad de las Ciencias Médicas "Carlos J. Finlay", Centro de Medicina y Complejidad, Camagüey.
- Pániker, Salvador. (1987). Prólogo a la Edición española. En M. Ferguson, *La Conspiración de Acuario*. (págs. 1-4). Madrid: Biblioteca fundamental.
- Panyella Roses, Magi. (2002). Aspectos caóticos y fractales en el comportamiento organizacional: Caos, organización y gerencia. Barcelona: Facultad de Psicología, Universidad de Barcelona.
- Pareto, Vilfredo. (1945). *Manual de Economía política*. Buenos Aires: Editorial Atalaya.
- Peitgen Heinz-Otto. (1990). El lenguaje de los fractales. *Investigación y Ciencia*, 169.
- Peitgen Heinz-Otto, et. al. (1986). *The beauty of fractals*. Berlin: Springer-Verlag.
- Pérez Ones, Isarelis. (2009). Los públicos docentes de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología en Cuba: los profesores de la Especialidad en Docencia Universitaria de la UH. *VII Taller Provincial "Universidad, Ciencia y Tecnología" previo a Universidad 2010* (págs. 42-50). La Habana: Editorial Universitaria.
- Pérez Ransanz, A.R., Olivé, L. (comp.). (1989). *Filosofía de la ciencia: teoría y observación. Modelos de cambio científico*. México: Siglo XXI Editores.
- Piaget, Jean. (1965). *La construcción de lo real en el niño*. La Habana: Instituto Cubano del Libro.
- Piaget, Jean. (1978). *Psicología y Epistemología*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Piaget, Jean. (1981). *Psicología y Pedagogía*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Piaget, Jean. (1990). La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo. México: Siglo XXI.
- Piaget, Jean. (1991). *Seis estudios de psicología*. Barcelona: Labor.
- Piaget, Jean. (1995). Interpretación de conjunto. En L. y. Cruz, *Selección de lecturas de Psicología infantil y del adolescente. Tomo 3*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Piaget, Jean; (1982). *Tendencias de la investigación en las ciencias sociales*. Madrid: Alianza Editorial.
- Polanyi, Michael. (1958). *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Portuondo Padrón, Roberto. (2006). *Pedagogía y Complejidad*. Camagüey: Memorias en CD-ROOM de la Universidad de Camagüey.
- Portuondo Padrón, Roberto; Dámera Martínez, Arnaldo. (2010b). *Modelo de parches borrosos en el análisis multivariado en variables cualitativas con incertidumbre en su medición*. Habana: Memorias en CD, Congreso Complejidad 2010. Palacio de las Convenciones.

- Portuondo Padrón, Roberto; Dámera, Martínez, Arnaldo. (2010a). *De los parches borrosos al análisis multivariado difuso en variables cualitativas con incertidumbre en su medición*. La Habana: Memorias en CD-ROM del Palacio de las Convenciones de la Habana.
- Potter, Van Rensselaert. (1998). Bioética puente, Bioética global y Bioética profunda. *Cuadernos del Programa Regional de Bioética*. Diciembre(7), 20-35.
- Pradenas, Alfredo. (1998). ¿Por qué No al Mundo 4? *Revista electrónica Cinta de Moebio*. Abril(3).
- Price, D.J.S. (1973). *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Price, D.J.S. (1980). Ciencia y tecnología: Distinciones e interrelaciones. En B. (. Barnes, *Estudios sobre sociología de la ciencia*. Madrid: Editorial Alianza Universidad.
- Prieto, Doris. (2003). La Medicina desde la perspectiva del Pensamiento de la Complejidad. *Revista Humanidades Médicas*, 3(7).
- Prigogine Ilya. (1997). *El Fin de las certidumbres*. Santiago de Chile: Editorial Andrés Bello.
- Prigogine, Ilya. (1989). The Philosophy of instability. *Futures*, 396-400.
- Prigogine, Ilya. (1999). Filosofía de la Inestabilidad. *Revista Voprosy Filosofii*(6), 46-52.
- Prigogine, Ilya y Stengers, Isabelle. (1979/1983). *La nueva alianza: metamorfosis de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Prigogine, Ilya; Nicolis, Grégoire. (1994a). *La estructura de lo complejo*. Barcelona: Editorial Alianza Universidad.
- Prusak, L. (1997). *Knowledge in organizations*. United States: Butterworth-Heinemann.
- Pupo Pupo, Rigoberto. (2007). *Didáctica y evaluación en los procesos educativos complejos*. Multiversidad Mundo Real Edgar Morín, Sonora.
- Rand, D.A. & Young, B.S. (Eds.). (1981). *Dynamical Systems of Turbulence*. Lecture Notes in Mathematics, Vol. 898. Berlín: Springer-Verlag.
- RENEA. (2008). Declaración Final del 2º Encuentro Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Humano Sustentable. *Atlántida*, 2.
- RENEA. (2009). Documento Síntesis. Taller Preparatorio del 1er Seminario Nacional de Educación Ambiental. Anexo V. Montevideo.
- Ricoeur, P. (1975). *Hermenéutica y estructuralismo*. Buenos Aires: Megápolis.
- Ricoeur, P. (1988). *Hermenéutica y acción*. Buenos Aires: Docencia.
- Rincones, W. (2015). Paul Feyerabend: ¿Un método único para adquirir el conocimiento?. Blog: <http://doctoradoulacyardis.blogspot.com.ar/2015/07/paulfeyerabend-un-metodo-unico-para-el.html>
- Rius Lozano, M., et al. (2002). Teoría del Caos y Educación para la Salud. En L. Ferrer, & A. (. Caselles, *Ciudad, Sociedad, Educación, Control, Caos y Autoorganización*. Valencia: Sociedad Española de Sistemas Generales. Universidad de Valencia.
- Rizo Rabelo, Noemí. (2007). Estrategia didáctica de educación en ciencia, tecnología y sociedad en la carrera de Ingeniería Informática. Tesis de Doctorado. Universidad de Cienfuegos. Tesis de Doctorado. La Habana.: Editorial Universitaria, MES, ISBN 978-959-16-0735-5.
- Rodríguez De Rivera, José. (2008). *Observador y Observación – El nuevo enfoque en la Epistemología de la Complejidad*. Madrid: CEPADE/IDOE, Universidad de Alcalá de Henares.

- Rodríguez De Rivera, José. (2009). *Complejidad*. Madrid: CEPADE/IDOE. Universidad Politécnica y Universidad de Alcalá de Henares.
- Romero Pérez, Clara. (2001). El constructivismo cibernético como metateoría educativa: aportaciones al estudio y regulación de los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Revista electrónica Teoría de la Educación*(3).
- Romero Pérez, Clara. (2008). Paradigma de la complejidad, modelos científicos y conocimiento educativo. *Revista electrónica Teoría de la Educación*, 18.
- Romero, Jesús. (2008). Estrategia para la autogestión de la autenticidad de los grupos estudiantiles universitarios. Camagüey: CECEDUC, Universidad de Camagüey.
- Rorty, Richard. (1995). *La filosofía y el espejo de la Naturaleza*. Madrid: Cátedra.
- Rorty, Richard. (1996). *Objetividad, realismo y verdad*. Barcelona: Editorial Paidós.
- Rose, H., Rose, S. (1972). *Science and Society*. . Harmondsworth: Penguin. En español: Ciencia y Sociedad, Tiempo Nuevo, Caracas.
- Rose, H., Rose, S. (1980). *La radicalización de la ciencia*. México: Nueva Imagen.
- Rose, H., Rose, S. (1982). *Los orígenes de la ciencia moderna*. Madrid: Taurus.
- Ruelle, David. (1991). *Azar y caos*. Madrid: Alianza Universidad.
- Ruelle, David; Taken, Floris. (1971). On the nature of turbulence. *Communications of Mathematical Physics*, 20, 167-192.
- Ruiz, Alfredo. (1998). Humberto Maturana y su contribución a las ciencias de la complejidad. *Revista Metapolítica*, 2(8), 79-93.
- Salazar Domínguez, Carlos. (1997). Efecto de Perturbaciones Periódicas en sistemas químicos auto-organizados. Tesis de Diploma. La Habana: Universidad de la Habana.
- Salazar, Diana. (2004). La interdisciplinariedad, resultado del desarrollo histórico de la ciencia. En A. M. González, & e. a. Reinoso Capiro, *Nociones de sociología, psicología y pedagogía*. (pág. 257). Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Salazar, Diego Rodrigo. (1997). Distinciones y Comunicaciones. Hacia una teoría social hermenéutica y constructivista en arqueología. *Revista electrónica Cinta de Moebio*. Diciembre(2).
- Salina Gamero, Teresa. (2001). Propuesta metodológica para evaluar la formación profesional de ingenieros: El caso de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Ricardo Palma. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Sanz, Bernardino Esteban. (2002). Procesos de Autoorganización en Sistemas Sociales: La Estructuración Social del Cuerpo Humano. *Revista Mad*(6).
- Schlanger, J. (1983). *L'invention intellectuelle*. Paris: Essais.
- Smale, Stephen. (1961). Generalized Poincaré's conjecture in dimensions greater than four. *Annals of Mathematics*, 74, 2nd Serie(2), 391-406.
- Smale, Stephen. (1967). Differentiable dynamical systems. *Bulletin of the American Mathematical Society*(73), 747- 817.
- Smith, P. (2001). *El caos. Una explicación a la teoría*. Madrid: Cambridge University Press.
- Snow, Charles Percy. (1977). *Las dos culturas y un segundo enfoque*. Madrid: Alianza Editorial.
- Solé, Ricard; et. al. (1996). Complejidad en la frontera del caos. *Investigación y Ciencia*, 14-21.
- Sotolongo Codina, Pedro Luis. (2004). Algunas cuestiones a tener en cuenta por la Historia y la Filosofía de la Ciencia en el contexto de la Revolución en el Saber contemporáneo. *Complexus. Revista de Complejidad, Ciencia y Estética*, 8.

- Sotolongo Codina, Pedro Luís. (2007b). La articulación del pensamiento social contemporáneo con las Ciencias de la Complejidad y las nuevas Tecno-Ciencias: entre Scila y Caribdis. *Revista Utopía y Praxis Latinoamericana.*, 12(38), 11-28.
- Sotolongo, Pedro Luís. (2007a). Teoría Social y Vida Cotidiana. La Sociedad como sistema dinámico complejo. La Habana: Editorial Acuario.
- Spaapen, J.B.; Wamelink, F.J.M. (2001). The Evaluation of Transdisciplinary Research. En J. Klein, & e. al., *Transdisciplinarity: Joint Problem Solving among Science, Technology and Society.* (págs. 111-114). Basel: Birkhäuser.
- Sumpter, Phil. (2006). "The principles of collective animal behavior". *Trans. Royal Society*, 8, 361.
- Takayasu, H. (1990). *Fractals in the physical sciences.* Manchester: Manchester University Press.
- Takens, Floris. (1981). Detecting strange attractors in turbulence. En D. & Rand, *Dynamical Systems of Turbulence. Lecture Notes in Mathematics, Vol. 898.* (págs. 366-381). Berlín: Springer-Verlag.
- Thom, René. (1997). Estabilidad estructural y morfogénesis. Ensayo de una teoría general de los modelos. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Thompson, William (ed.). (1989). *Gaia: implicaciones de la nueva biología.* Barcelona: Editorial Kairós.
- Thuillier, Pierre. (1977). Cómo se construyen las teorías científicas. *Revista Humanidades*, 8(8).
- Thuillier, Pierre. (1992). Las pasiones del conocimiento: sobre las dimensiones culturales de la ciencia. Barcelona: Alianza Editorial.
- Toffler, Alvin. (1998). *El Shock del futuro.* Barcelona: Plaza & Janes, S.A. Editores.
- Toffler, Alvin. (1980). *La tercera ola.* Barcelona: Plaza & Janes, S.A. Editores.
- Torrents Martín, Carlota. (2005). La Teoría de los sistemas dinámicos y el entrenamiento deportivo. Tesis de Doctorado. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Torres Nafarrete, Javier. (1998). Sistema y complejidad. La arquitectura de la teoría de Niklas Luhmann. *Revista Metapolítica*, 2(8), 51-62.
- Torres Santomé, Jurjo. (1994). *Globalización e interdisciplinariedad.* Madrid: Ediciones Morata.
- Torres Santomé, Jurjo. (1998). *El currículo oculto.* La Coruña: Universidad de la Coruña, Facultad de Ciencias de la Educación, Campus de Elviña.
- Tristá Pérez, Boris. (2010). *Ciencias de la Educación: Teoría y Práctica.* Habana: CEPES, Universidad de la Habana.
- Trujillo Ávila, Manuel. (2004). La teoría de la complejidad. ¿Cómo acercarnos a su estudio y comprensión? *Acción. Revista Cubana de la Cultura Física*, 46-53.
- Ugarte, David. (2009). *Stephen Wolfram y los Autómatas celulares.* Blog: [http://www.ciberpunk.net/david\\_ugarte/wolfram.php](http://www.ciberpunk.net/david_ugarte/wolfram.php).
- UNESCO. (2002). La educación científica ¿siglo XXI o XIX? *Boletín Contacto*, XXXVII.
- Valle Espinosa, Consuelo. (2004). *Conferencias sobre la Teoría del Caos.* California: Universidad Autónoma de Baja California.
- Vallejo, Gómez, Nelson. (2002). Morín, pensador de la complejidad. En M. A. Velilla, *Manual de iniciación pedagógica al Pensamiento Complejo.* (págs. 78-88). Bogotá: ICFES-UNESCO.
- Van Dijk, Teun. (1992). La ciencia del texto. Un enfoque interdisciplinario. Barcelona: Paidós.
- Van Gigch, J.P. (1987). Decision Making about Decision Making: Metamodels and Metasystems. Ed. Abacus.

- Varona Domínguez, Freddy. (2008). Alcance filosófico del empleo del enfoque complejo en el estudio de la relación cultura - educación superior. *Pensando la Complejidad*(IV).
- Vega Mancera, F. (2003). ¿Posibilidad de una pedagogía caótica?. En *Addenda XXII Seminario Interuniversitario de Teoría de la Educación (SITE)*. Barcelona: Sitges. <http://www.uv.es/div5/site/documents.htm>.
- Velilla, Marco Antonio (Comp.). (2002). *Manual de iniciación pedagógica al Pensamiento Complejo*. Bogotá: ICES-UNESCO.
- Vigotsky, L.S. (2000). *Psicología Pedagógica. Un curso breve*. Buenos Aires: Editorial AIQUE.
- Vigotsky, L.S. (1987a). *Imaginación y creación en la edad infantil*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Vigotsky, L.S. (1987b). *Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores*. La Habana: Editorial Científico-técnica.
- Vigotsky, L.S. (1982). *Pensamiento y lenguaje*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Vigotsky, L.S. (1984). *El desarrollo de las funciones psíquicas superiores*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Vigotsky, L.S. (1995). Interacción enseñanza y desarrollo. En MINED, *Selección de lecturas de Psicología infantil y del adolescente. Tomo 3*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Vilches, L. (1995). La lectura de la imagen. Prensa, cine, televisión. Barcelona: Ediciones Paidós.
- Vildosola Reyes, Luis. (2003). Modelo para evaluar la atribución de Sustentabilidad a los procesos con perspectivas de organización monetaria. Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Maestría. México: Instituto de Ingeniería, MEXICALI, B.C.
- Villaroel, P., Firmani, C. (2002). *Necesidad del enfoque transdisciplinario en la investigación ambiental académica*. Antofagasta: Memorias del IV Encuentro Científico del Medio Ambiente. CIPMA.
- Von Foerster, Heinz. (1998). Por una nueva epistemología. *Revista Metapolítica*, 2(8), 23-34.
- Von Wright, Georg Henrik. (1994). Dos tradiciones. En J. Issa, *Aproximación a la metodología de las ciencias sociales* (págs. 305-342). México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Waldrop, M. (1992). Complexity. The emerging science at the edge of order and chaos. New York: Touchstone.
- Wallerstein, Immanuel (Comp.). (1995). Abrir las Ciencias Sociales. Informe de la Comisión Gubelkian. México: Siglo XXI.
- Warneke, H. J. (1993). The fractal company: A revolution in corporate culture. Berlín: Springer-Verlag.
- Watzlawick, Paul, Krieg, Peter. (Comp.). (1994). *El ojo observador. Contribuciones al constructivismo*. Barcelona: Gedisa.
- Weaver, Warren. (1948). Science and Complexity. *American Scientist*(36), 536-544.
- Wheatley, Margaret. (1992). Leadership and the New Science: Learning About Organization from an Orderly Universe. San Francisco: Berrett-Koehler.
- Wolfram, Stephen. (2002). *A New Kind of Science*. Publisher Wolfram Media Inc. Web: [www.wolfram-media.com](http://www.wolfram-media.com).
- Woodcock, A.; Davis, M. (1994). *Teoría de las Catástrofes*. Madrid: Ediciones Cátedra.

- Woods, Alan; Ted, Grant. (2005). *Razón y Revolución*. La Habana: Editorial de Ciencias Sociales.
- Woolgar, Steve. (1991). *La ciencia: abriendo la caja negra*. Barcelona: Editorial Anthropos.
- Xandró, Mauricio. (1994). *Grafología elemental*. Barcelona: Editorial Herder.
- Xandró, Mauricio. (1996). *Grafología superior*. Barcelona: Editorial Herder.
- Zadeh, Lofti. (1992). *Fuzzy set*. University of California Berkeley.
- Zadeh, Lofti. (1973a). Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern, SMC-3*(1).
- Zadeh, Lofti. (1973b). Probability measures and fuzzy events. *Journal Math*(23), 421-427.
- Zadeh, Lofti. (2005). Toward a Generalized Theory of Uncertainty (GTU). *Information Science*(20).
- Zadeh, Lofti; Fu, K. S., Tanaka, K., Shimura, M. (1975). *Fuzzy Sets and their Applications to Cognitive and Decision Processes*. Academic Press.
- Zimmerman, Brenda; Hurst, David. (1993). Breaking the boundaries: The Fractal organization. *Journal of Management Inquiry*(2), 334-355.



## ANEXO I

### **Glosario bibliográfico de conceptos y temáticas en la Nueva Revolución del Saber**

Todo esfuerzo de sistematización teórica es perfectible, por lo que solo se pretende aquí contribuir al estudio más consecuente de los emergentes paradigmas que están pautando hoy la integración del saber. De manera que es indispensable referir las fuentes bibliográficas de los antecedentes y fundamentos epistemológicos de esas teorías y enfoques (conceptos y temáticas, que no hayan sido tratados detenidamente en el texto del libro), que están relacionados directa o indirectamente con la denominada:

- 1 Nueva Revolución del Saber:** también ha tenido otras denominaciones: *Revolución Contemporánea del Saber*, *Nueva Revolución Epistemológica*, *Tercera Ola*, *Nuevo Modelo Cultural*, etc. En esencia, constituye un radical cambio en el conocimiento que está conduciendo al impostergable *diálogo de saberes*, como enfatiza Edgar Morin, el cual debe producirse entre todos los *paradigmas emergentes*: *estudios CTS*, *holismo ambiental*, *bioética global*, *epistemologías hermenéutica y constructivista*, *estudios transdisciplinarios de la complejidad*, etc. Para conocer sus fundamentos es necesario estudiar la obra de: (Leopold, A. 1949), (Ellul, J. 1954/1996), (Snow, C.



1959/1977), (Kuhn, T. 1962/2000), (Carson, R. 1962/1964), (Potter, V. 1971/1998), (Margulis, L. 1970, 1982), (Sagan, D. 1986, 1987), (Thompson, W. 1989), (Olendzenski, L. 1996b), (Sagan, D. 1997a), (Schwartz, K. 1997b, 2002a, b, c, 2003a) (Lovelock, J. 1979, 1983, 1984, 1988, 1991, 2000, 2001, 2005, 2006) (Rorty, R. 1979/1995), (Rorty, R. 1991/1996), (Prigogine, I; Stengers, I. 1979/1983), (Prigogine, I; Nicolis, G. 1994a), (Prigogine I. 1997), (Toffler, A., 1980), (Morin, E., 1984, 1994, 1996a,b,c, 1997, 1999a), (Ibáñez, J. 1985, 1988, 1990) (Pinch, T. 1985), (Cesarman, E. 1986), (Brown, H. 1987), (Gleick, J. 1988), (Baig, A; Agustench, M. 1990), (Carreras, A; Escorihuela, J; Requejo, A. 1990), (Munné, F.. 1993, 1994, 1995, 2001a), (Bueno, G. 1992), (Bueno, G. 1993), (Hacking, I. 1995), (López Cerezo, J; Sanmartín J; González García, M. 1994), (González García, M., et. al., 1996, 1997), (López Cerezo, J. 1999), (Capra, F. 1975, 1982, 1996, 2002), (Martínez Miguélez, M. 1996, 1998b, 2001c,d, 2002, 2006, 2009), (Callon, M. 2001), (Castro, G. 1998), (Maldonado, C. 1999, 2005b, 2007a, b, 2008) (Najmanovich, D. 2002, 2007), (Delgado Díaz, C. 2002a,b,c, 2004a,b,c, 2006, 2007, 2009a, 2009b), (Diegoli, S., 2003, 2004), (Espina Prieto, M. 2005, 2007), (González Casanova, P, 2004), (Woods, A; Grant, T. 2005), (Sotolongo Codina, P. 2003), (Sotolongo Codina, P. 2004), (Sotolongo Codina, P. 2007a), (Sotolongo Codina, P. 2007b), (Sotolongo Codina, P. 2007c), (Correa Iglesias, A. 2007), (Martínez Álvarez, F. et. al., 2008b, 2009a), (Pérez Martínez, A. 2009) entre otros tantos.

- 2 Estudios interdisciplinarios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS):** constituyen esfuerzos teóricos y prácticos de integración del saber, que se realizan desde la década del sesenta, con enfoque interdisciplinario en las áreas de investigación, política pública y educación sobre la actividad científico-tecnológica en su dimensión social. Se concretan en una diversidad de programas de creciente institucionalización y espíritu crítico sobre la relación Ciencia–Tecnología–Sociedad. Estos programas tratan de establecer una nueva imagen social de la actividad tecno-

científica, no obstante, a la diversidad de posiciones ideológicas y contextos histórico-culturales en que se desarrollan. Estos estudios han constituido una revolucionaria reacción ante la Concepción heredada o tradicional del conocimiento. Entre las disciplinas y áreas constitutivas de los estudios CTS se reconocen: Historia de la Ciencia y de la Tecnología, Filosofía de la Ciencia y la Tecnología, Sociología del Conocimiento y de la Ciencia, Axiología y Ética de la Ciencia y de la Tecnología, Política en Ciencia y Tecnología, Economía del cambio tecnológico, etc., todas las cuales tributan a la interdisciplinaria y amplia área de la educación CTS. Para profundizar en sus antecedentes, origen y fundamentos se sugiere consultar: (Woolgar, S. 1991), (Medina, M. 1995), (Mitcham, C. 1995), (González García, M., et al., 1996), (González García, M., et al., 1997), (López Cerezo, J. 1998b); (Núñez Jover, J. 1999c), (Díaz Caballero, J. et al., 2001), (Martínez Álvarez, F. 2000, págs. 23-53), (Morales Calatayud, M. 2001), (Figaredo Curiel, F. 2002, págs. 8-22), (Macías Llanes, M. 2006a), (Rizo Rabelo, N. 2007), (Martínez Álvarez, F. 2011), entre otros autores.

- 3 Estudios transdisciplinarios de la complejidad:** se les denomina también enfoque, paradigma, ciencia o pensamiento de la complejidad, constituyen esfuerzos científicos de integración del saber con un enfoque transdisciplinario, iniciados con la Teoría del caos, otras teorías y enfoques desde la década del sesenta del pasado siglo, desarrollados gracias al vínculo creciente entre física, química, biología y matemáticas, así como a la incorporación posterior de saberes sociales y humanísticos. Son, además, efectivos logros teóricos y prácticos, producto de la creación de nuevos métodos y tecnologías de punta que permiten dar solución a problemas concretos en diversas esferas de la actividad humana. Estos estudios alcanzan hoy un mayor reconocimiento social y creciente institucionalización en el mundo. A esta vasta área de integración transdisciplinaria de conocimientos tributan decenas de teorías y enfoques, entre los cuales están: Teoría del Caos, Teoría General de Sistemas

(y los avances del enfoque sistémico posterior), estudios de las estructuras disipativas, Topología cualitativa, Teoría de las Catástrofes, geometría fractal, lógica Borrosa, Automatas celulares, Inteligencia artificial y otras contribuciones de los demás paradigmas emergentes, referidos en este inventario. Sus antecedentes teóricos están en los estudios científicos sobre los fenómenos no lineales (Ciencia no lineal), teoría de la información, cibernética, teoría de los juegos, teorías de las decisiones, dirección organizacional, constructivismo, hermenéutica, etc. Von Neumann, J. & Morgenstern, O., 1944, 1956, 1966, Wiener, N., 1948, 1950, 1958, 1964, Shannon, C. & Weaver, W., 1948, Weaver, W., 1948, (Bertalanffy, L. 1950), (Bertalanffy, L; Hempel, C; Bass, R; Jonas, H. 1951), (Bertalanffy, L. 1968/1976, 1981), (Lorenz, E. 1963), (Zadeh, L. 1965/1992) (Forrester, J. 1968), (Prigogine, I. y Stengers, I. 1979/1983), (Prigogine, I; Nicolis, G. 1994), (Prigogine I. 1997), (Thom, R. 1972, 1977, 1985, 1997), (Dunn, J. 1974), (Maturana, H; Varela, F. 1975, 1980, 1984, 1990, 1994, 1995, 1996, 1997), (Dold, A; Eckmann, B. 1976), (Morin, E. 1974, 1976, 1981, 1983, 1984, 1990, 1994, 1995, 1996, 1998, 1999a,b, 2008) (Ruelle, D; Taken, F. 1971), (Eigen, M. 1971), (Eigen, M; Winkler, R. 1975), (Eigen, M; Schuster, P. 1979), (Capra, F. 1975, 1982, 1985, 1986, 1988, 1991, 1993, 1994, 1995, 1996, 2002), (Hofstadter, D. 1979), (Toffler, A., 1980), (Dubois, D; Prade, H. et. al., 1980, 1987), (Takens, F. 1981), (Haken, H. 1981, 1983, 1987, 2006), (Luhmann, N. 1982, 1991, 1992, 1993, 1995a, b, 1996a, b, 1998a, b, 1999a, b, c, d, e, f, g), (Rand, D; Young, B. (Eds.) 1981), (Bergè, P. 1984), (Ibáñez, J. 1985, 1988, 1990, 1994), (Cesarman, E. 1986), (Mandelbrot, B. 1987, 1992, 1997), (Peitgen H. 1986, 1990), (Barnsley, M., et. al. 1988), (Gleick, J. 1988), (Bohm, D. 1988, 1992), (Smirnov, V; Mamardash, M. 1989), (Devaney, R. 1989), (Briggs, J. y Peat, F. 1990), (Atlan, H. 1990), (Moon, F. 1990), (Takayasu, H. 1990), (Carreras, A; Escorihuela, J; Requejo, A. 1990), (Rasband, J. 1990), (Goldberger A., et. al., 1990), (Kauffman, S. 1990, 1991, 1993, 2003) (Burian, R; Richardson R. 1990), (May, R. 1991), (Takens, Floris,

1981), (Sametband, M. 1991), (García Velarde, M; Chacón García, R; Cuadros Blázquez, F. 1991), (Lewin, R. 1992), (Lewin, R. 1995), (Waldrop, M. 1992), (Tsonis, A. 1992), (Cambel, A. 1993), (Dupuy, J. 1993), (Lizcano, E. 1993), (De Guzmán, M. et. al., 1993), (Escohotado, A. 1993, 2000), (Munné, F. 1993, 1994, 1995, 2000, 2001a), (Cornejo Álvarez, A., 1993, 2004), (Casti, J. 1994), (García, R., 1994), (Hacking, I. 1994, 1995), (Schnitman, D. 1994), (Kosko, B. 1995), (*Holland, John, 1995*), (Brown, C., 1995), (Martín, M., et. al., 1995), (Pakman, M., 1996), (Epstein, J; Axtell, R. 1996), (Alonso, A; De la Fuente, J., et. al., 1996), (Martínez Miguélez, M., 1996, 1998b, 2002), (Leopold, A. 1949), (Kaku, M. 1997), (Navarro, P. 1997), (Clayton, K. 1997), (Bar-Yam, Y. 1997, 2000), (Gell-Mann, M., 1998), (Goodwin, B., 1998), (Bossomaier, T; Green, D. 1998), (Esnal, M., 1998), (Rosenau, J. 1998), (Ciurana, E. 1998, 2003), (Mier, R. 1998), (Andreu, C; De Echave, J; Buela-Casal, G. 1998), (Gutiérrez, A. 1998), (Ruiz, A. 1998), (Bacarlett Pérez, M. 1998), (Scott, A. 1999), (Mathews, M; White, M; Long, R. 1999), (Maldonado, C. 1999, 2005b, 2007a y b, 2008), (Motta, R. 2000), (Chatin, G. 2001, 2002), (Navarro Cid, J, 2001), (De la Peña, J. 1998), (De la Peña, J, 2001), (Castro Sáez, B. 2001), (Aguado Terrón, J. 2001, 2002, 2005, 2006, 2008), (Aguilar Sot, J. 2001), (Romero Pérez, C, 2001, 2008), (Wolfram, S. 2002), (Najmanovich, D. 2002), (Najmanovich, D, 2005a), (Najmanovich, D, 2007), (Andrade, R., et. al., 2002), (Brown, L; Eisendhart K. 2002), (Campos, D; Isaza, J, 2002), (Lavanderos, L; Malpartida, A. 2000a, b, 2002), (Sanz, B. 2002), (Panyella Roses, M. 2002), (Delgado Díaz, C. 2000a, 2002), (Delgado Díaz, C; Sotolongo Codina, P. 2004c, 2006, 2009), (Wagensberg, J. 2003), (Vildosola Reyes, L. 2003), (Diegoli, S., 2003, 2004), (Sotolongo Codina, P. 2003, 2004, 2007b, 2007d), (Prieto, D. 2003), (Valle Espinosa, C. 2004), (González Casanova, P. 2004), (Ramis Andalia, R. 2004), (Reyes Galindo, R. 2004), (Nuño Solinís, R. 2005), (Ortiz Hernández, E. 2005), (Moriello, S. 2004, 2006), (Woods, A; Grant, T. 2005), (Espina Prieto, M. 2005, 2007), (Macías Llanes, M. 2005a,

2006), (Martínez Álvarez, F., et. al., 2006b, 2007a y b, 2008b, c, 2009a, b, c) (Kandasamy, V; Smarandache, F; Ilanthenral, K. 2007), (Gallopín, G., et. al., 2008), (Fontenla, J. 2008), (Rodríguez De Rivera, J., 2008, 2009), (D'Angelo Hernández, O. 2009), (Lucas, Ch. 2009), (Altshuler, E. 2009), (Pérez Martínez, A. 2009), (Rodríguez Velasco, C. 2009), (González Velasco, J. 2010), entre otros.

- 4 Holismo ambiental:** tiene sus antecedentes en el pensamiento holístico oriental, en la tradición pesimista presocrática, así como en Platón y Aristóteles. Además, en la obra de algunos pensadores de contracorriente en la modernidad se revela una visión holística, desde la cual criticaban el reduccionismo del ideal clásico de racionalidad científica. Concretamente, el holismo ambiental nace como un movimiento humanista en la mitad del siglo XX, expresión de la reacción social (activismo ciudadano en la práctica social) ante los impactos nocivos de la actividad depredadora del medio ambiente que generó el hombre con las guerras mundiales primero y el desmedido desarrollo tecnológico y el irresponsable consumismo después. Un verdadero precursor fue el investigador estadounidense Aldo Leopold, quien anticipó ideas esenciales para la posterior integración de varias hibridaciones interdisciplinarias como: el holismo ambiental, la bioética y la Ecología. Sus avanzadas ideas fueron publicadas en 1949 algunos años después de su muerte y todavía hoy son poco divulgadas. En la obra del sociólogo francés Jacques Ellul (1954) aparecen ideas holísticas seminales y se denuncia el impacto negativo sobre el medio ambiente ocasionado por el desarrollo tecnológico desmedido. Otro trabajo pionero del holismo ambiental y de la Ecología fue Primavera silenciosa (1962) de la bióloga marina estadounidense Rachel Louise Carson (1907-1964), quien sometió a crítica la destrucción del medio ambiente y el impacto nocivo en la salud humana del uso irresponsable de las tecnologías agrícolas (pesticidas, fertilizantes, etc.), así como proporcionó ideas avanzadas sobre los fundamentos epistemológicos y éticos de estas

amplias áreas de integración del saber. Un impulso decisivo en el desarrollo del holismo ambiental lo dio el biólogo y oncólogo norteamericano de la Universidad de Wisconsin Van Rensselaert Potter (1911-2001), quien, apoyándose en el pensamiento de Aldo Leopold y fundiéndolo con sus ideas holísticas y bioéticas logró elaborar su teoría ecológica. Otros promotores de la Ecología como área interdisciplinaria han sido Arne Naess y James Ephraim Lovelock (1919- ), quien desde su Teoría Gaia (1979) ha enriquecido el enfoque holístico para la comprensión de la Madre Tierra como un sistema complejo auto-regulado, de manera que sustenta la tesis, promovida también por su divulgadora de la Teoría Gaia la bióloga Lynn Margulis (1938- ), de la necesidad de la integración de todas las Ciencias de la Tierra. Más adelante se hará referencia a otros enfoques holísticos y se presentarán autores que se han dedicado a desarrollar estos híbridos interdisciplinarios. Los antecedentes y fundamentos epistemológicos del holismo ambiental, la Ecología profunda y las Ciencias de la Tierra son comunes con los de la bioética, pues en estas profundas áreas de integración del saber, sus ideas centrales giran en torno a: 1) la relación axiológica conocimiento-valor, 2) la ampliación del objeto tradicional de la ciencia para incluir su dimensión valorativa, 3) la demanda de la humildad cognoscitiva de la ciencia, que supone el valor social de otros saberes y formas de la cultura, 4) el lugar de lo humano en el sistema de la naturaleza (ampliación de la moralidad) y no lo humano como lo hegemónico y central, 5) la crítica a la actitud irresponsable del hombre ante la naturaleza debido al mercantilismo y el consumismo que ocasionan el deterioro del medio ambiente y de la salud humana (Delgado Díaz, C., 2006) Entre los textos que han contribuido al desarrollo de la perspectiva del holismo en general y de su expresión ambiental en particular, se destacan los trabajos de: (Leopold, A. 1949), (Ellul, J., 1954), (Carson, R. 1962), (Potter, V. 1971/1998), (Rorty, R., 1979), (Margulis, L. 1970, 1982), (*Olendzenski, L.* 1996b, 1997a), (Jiménez Blanco, J. 1993), (McLaughlin, A. 1993, 1999), (Pepper, D. 1993), (Bueno, G., 1993<sup>a</sup>), (Borrero Navia, J.

1994), (García, R., 1994, 2006), (Brockman, J. 1995), (Macauley, D. 1996), (Enzensberger, H. 1996), (Martínez Miguélez, M., 1996, 2001), (Íñiguez, L., 1996) (Leakey, R.; García, J; Fernández, A. 1997), (Freeman, J. 1999), (M'Gonigle, M; Murphy, E. 1999), (Fernández-Rubio, A. 1999), (Rey, O. 1999), (Gale, F. 1999), (Hawken, P. 1999), (Schumacher, D. 1999), (Delgado Díaz, C. 1999b, c y d, 2000a, 2002c y d, 2006), (Maldonado, J. 2000), (Valdés, X. 2000), (Mateo Rodríguez, J; Suárez Gómez, C. 2000a, b. 2000), (Ruiz, E. 2002), (Capra, F. 2002), (Sampedro, J. 2002), (Sotolongo Codina, P. 2003), (Punset, E. 2004), (García J. 2004), (RENEA, 2008), (RENEA, 2009).

- 5 Bioética global o puente:** fue el término con el que Van Rensselaert Potter, en 1971, denominó a un vasto campo de integración interdisciplinaria del saber, el cual está contribuyendo a la realización de una forma más ética de vivir, que garantice el mejoramiento de la salud, el bienestar y la calidad de la vida de los seres humanos, a partir de la solución de los grandes problemas de nuestro tiempo: la alimentación, la salud, la conservación del medio ambiente, las crisis demográficas, entre otros (Potter, Van Rensselaert, 1971/1998) Existe mucha cercanía entre los antecedentes, los precursores y los fundamentos epistemológicos del holismo ambiental, la bioética y la Ecología, un ejemplo de ello está en la obra pionera de Aldo Leopold (1949), quien constituye un indiscutible precursor de estas tres áreas de integración del saber (Delgado Díaz, Carlos, 2004b, págs. 214-219). En esencia, la bioética es un área de integración del saber que aunque nació en la década del setenta producto de las demandas ciudadanas de la práctica social, es un campo interdisciplinario de reflexión, estudio y debate sobre los problemas de cómo evaluar y, sobre todo, de cómo encausar los actos humanos en correspondencia con los conceptos morales que se aceptan o asumen en un contexto social determinado. Además, se interesa por los actos de intervención en los procesos biológicos, en el cuerpo humano y el medio ambiente, y que impactan para bien o para mal en

su salud, bienestar y calidad de vida, así como la realización de los valores humanos. Con el amplio campo de los problemas bioéticos están involucradas no solo la Biología y la Ética, sino otras áreas de conocimientos como: Filosofía, Estética, Derecho, Política, Economía, Dirección, holismo, Ecología, Biotecnología, etc. Entre los fundamentos filosóficos de la bioética se destacan seis grandes tendencias: 1) el pragmatismo, 2) el personalismo, 3) el antropologismo naturalista, 4) el liberalismo, 5) el enfoque dialéctico-materialista, Aunque entre los principios y conceptos centrales de la bioética se reconocen: 1) beneficencia, 2) autonomía y 3) justicia, muchos autores enfatizan la necesidad de considerar otros principios y conceptos éticos, que cobran un significado especial en correspondencia a la problemática bioética en cuestión y según el contexto histórico social concreto en que se produce. Lo importante aquí es relacionar la bioética con la perspectiva integradora transdisciplinaria de los estudios de la complejidad. Por tanto, hoy se enfatiza la necesidad de tratar cada problemática bioética desde una perspectiva integradora que supone el diálogo de saberes y el tránsito de la inter a la transdisciplinariedad, como vía más efectiva para la búsqueda de soluciones que se correspondan con las demandas concretas del caso y el consenso de los actores protagonistas y no en base a recetas o normativas universales que regularmente son impuestas a los contextos culturales dados, desde referentes foráneos. Para profundizar en sus fundamentos se sugiere consultar las obras de: Leopold, A., 1949, Potter, V.R., 1971/1998, Encyclopedia of Bioethics, 1978, Gracia, D., 1989, 1991, 1995, 1996, Engelhardt, H.T., 1995, Figueroa, P. y H. Fuenzalida, 1996, McCullough, L., 1996, Acosta Sariago, J., 1996, 1997, 2002, 2003, 2004, Roland, F., 1997, Freyre Roach, E., 1997, Drane, J., 1998, Ferrer, J., 1998, Gafo, J., 1998, Novoa, M., 1998, Salas, J., 1998, Spinsanti, S., 1998, Dürr, H.P., 1999a,b, Boladeras, M., 1999, Machado, I., 1999, Maldonado, J., 2000, Pérez Cárdenas, M., et. al., 2000, Jakowska, S., 2002, Lower, G., 2002, Santos, L., 2002, Fung, Th., 2002, 2003a, b, Chávez,



A., 2003, (Delgado Díaz, Carlos (ed.), 2006a), (Delgado Díaz, Carlos, 2007), (Delgado Díaz, Carlos, 2008), entre otros.

- 6 Hermenéutica:** es una profusa área de integración del saber que se ha nutrido de diferentes referentes filosóficos y de las ciencias sociales y humanísticas, especialmente, relacionada con la Lingüística y la Semiótica. La mayoría de sus cultores reconocen que “este vocablo proviene del verbo griego *hermeneuein*, que quiere decir "interpretar". Algunos autores relacionan este verbo con el nombre del dios griego Hermes, el cual, según la mitología, hacía de mensajero entre los demás dioses y los hombres, y además les explicaba el significado y la intención de los mensajes que llevaba” (Martínez Miguélez, 1996: 50) Los antecedentes históricos y teóricos de esta peculiar área de conocimientos vienen desde la Grecia antigua y un indiscutible precursor fue Mathias Flacius Illyricus (1520-1575), quien se dedicó a la sistematización de las Sagradas escrituras. El padre de su versión moderna fue Friedrich Schleiermacher (1768-1834) Continuadores de este enfoque hermenéutico, que intentaron legitimar la epistemología de las Ciencias Sociales fueron: Wilhelm Dilthey (1833-1911), Wilhelm Windelband (1848-1915), George Simmel (1858-1918), Heinrich Rickert (1863-1936), los representantes de la Escuela Neokantiana de Baden (región alemana de las ciudades de Heidelberg y Friburgo), Robin Georg Collingwood (1899-1943), Benedetto Croce (1866-1952), F. De Saussure y la corriente sociológica del interaccionismo simbólico (que fundamenta la necesidad de la observación participante del investigador social) de la Escuela de Chicago. El pensamiento hermenéutico ha realizado significativas contribuciones a la crítica del ideal clásico de racionalidad científica. En la contemporaneidad la versión dialéctica del enfoque hermenéutico se ha desarrollado “en estudios teológicos, filosóficos, literarios, entre otros, e indiscutiblemente no deja lugar a dudas su carácter interdisciplinarios y transdisciplinario, a partir de los aportes que le ofrecen la Teoría de la información, la

Lingüística, la Filosofía del lenguaje, el Análisis Lógico, la Crítica Literaria, solo por citar algunos ejemplos” (Matos Hernández, Fuentes González y Montoya Rivera, 2007: 13-14), La evolución del pensamiento hermenéutico ha tenido varias tendencias, etapas, polémicas conceptuales y referentes teóricos, pero sus ideas centrales giran en torno a la naturaleza social compleja del conocimiento, la necesidad de la reconstrucción individual del significado, así como la consideración del carácter dinámico e histórico-contextual de los procesos cognitivos de expresión, explicación, interpretación, traducción y comprensión del significado de algo (sentido y significaciones). Por el hecho de ser la hermenéutica un colosal campo de integración de saberes, al igual que el constructivismo, la lingüística y la semiótica, sus fundamentos teóricos se entrecruzan y fertilizan mutuamente, pero mucho más cuando asumen el enfoque dialéctico. En verdad, este hecho es toda una bendición, pero a la vez una gran complicación para el trabajo de sistematización de las ideas y conceptos de sus precursores y continuadores. Entre sus fuentes más prominentes y sus divulgadores están: Dilthey, W., 1900/1976, Gadamer, H.G., 1958/1977, 1981, 1990, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998, Heidegger, M., 1974, Ricoeur, P. 1975, (Eco, Umberto, 1978), Rorty, R., 1979, Giddens, A., 1982, 1987, 1997, 1998, Hölderlin, F., 1983, Wieland, W., 1988, Van Dijk, T., 1992, Cassin, B., 1994, Díaz Caballero, J.R., 1994, Von, Wright. G.H., 1994, p. 311-342, Martínez Miguélez, M., 1996, p. 50-88, Reale, G., 1996, Salazar, D.R., 1997, (Maturana, Humberto, 1997a), (Maturana, Humberto, 1997b) Salazar, D.R., 1997, (Ardoino, Jacques, 1991), (Ardoino, Jacques, 1997), Lotman, Y.M., 1999, Hadot, P., 1998, Lotman, Y.M., 1999, Soares, L., 2000, Fortes Sánchez, A., 2001, Sanjuán, M.A., 2006, Matos Hernández, E., Fuentes González, H., Montoya Rivera, J., 2007, Aguado Terrón, J.M., 2009.

- 7 Constructivismo:** es un vasto movimiento científico e intelectual que está presente en casi todas las formas del saber. En esencia, tiene como tesis central la idea de que el

conocimiento es una construcción social, pues la subjetividad y valores culturales anteceden y están presentes en al acto empírico de conocer. De hecho, el constructivismo tiene sus orígenes en ideas seminales de los filósofos griegos antiguos, renacentistas y modernos. Las ideas sobre el conocimiento humano, de Protágoras, Aristóteles, Montaigne, Vico, Hume, Kant, Hegel y del Marxismo, entre otros, constituyen premisas esenciales para la comprensión de la naturaleza social construida del conocimiento científico. Las interpretaciones sobre esta idea han sido muy diferentes en filosofía, matemáticas, arte, psicología y pedagogía, las cuales se han movido entre el subjetivismo extremo y la postura dialéctica en el reconocimiento del carácter activo del sujeto en el proceso cognitivo. Entre las obras precursoras y divulgadoras de esta corriente de pensamiento, con diferentes matices, incluso hasta contrapuestos, están: (Vigotsky, L.S., 1931/1987), (Vigotsky, L.S., 1934/1982), (Vigotsky, L.S., 1984), (Vigotsky, L.S., 1995), (Bachelard, Gastón, 1932/1999), (Bachelard, Gastón, 1934/1981), (Bachelard, Gastón, 1961/1978), (Polanyi, Michael, 1958), (Piaget, Jean, 1965), (Piaget, Jean, 1978), (Piaget, Jean, 1981), (Piaget, Jean; et. al., 1982), (Piaget, Jean, 1990), (Piaget, Jean, 1991), (Piaget, Jean, 1995), (Dewey, John, 1966), (Husserl, Edmund, 1973), (Merleau-Ponty, M., 1975), (Watzlawick, Paul, Krieg, Peter. (Comp.), 1994), Gooding, D., Pinch T., Schaffer, S., 1989a, (Bateson, Gregory, 1972/1993), (Bateson, Gregory, 1993), Maturana, H. y Varela, F., 1984, 1990, 1992, 1995, 1996a, 1997b, Von Foerster, H., 1990, 1991, 1994, 1998, Luhmann, N., 1991, 1999b, c, Von Glaserfeld, E., 1995a,b, Valera Alonso, O., 1995, Pakman, M., 1996, González Rey, F., 1997, Jiménez, C., 1997, Rivas Hurtado, P., 1997, Santibáñez, D., 1997, Arnold Cathalifaud, M., 1997, 1998a, 2000, Zilberstein Toruncha, J., 1997, 1999, Torres Nafarrete, J., 1998, Pradenas, A., 1998, Toledo Nickels, U., 1998, Villarroel Muñoz, F., 1998, Roza, J., 1999, (Romero Pérez, Clara, 2001), Sanz, B.E., 2002, Andrade, R., et. al., 2002, Vázquez Alonso, Á., et. al., 2003, León Del Río, Y.,

2007, Ortega, D., 2008, Páramo, P., y Otálvaro, G., 2008, Sanhueza Moraga, G., 2009.

**8 Estudios sobre la Multi, Inter y Transdisciplinariedad:** es un movimiento intelectual más bien espontáneo y poco organizado de investigaciones referidas al proceso de integración del saber que tuvo nacimiento en los años setenta del pasado siglo. Ha tenido un impetuoso resurgimiento en la última década, gracias a los avances logrados por el diálogo de saberes entre los paradigmas emergentes de la Nueva Revolución del Saber. En un artículo del autor, junto con sus colegas del Centro de Medicina y Complejidad (Martínez Álvarez, Ortiz Hernández, y González Mora, 2007b), se realiza un análisis del origen, las tendencias y los conceptos fundamentales del proceso de integración del conocimiento científico, con lo cual se intenta contribuir a la creación de una epistemología de la transdisciplinariedad. Particularmente, se hace referencia a las clasificaciones y los prefijos comprometidos con el concepto de disciplina: multi, poli, pluri, inter, meta, trans, etc., lo que permite mostrar las tendencias y el valor social que tiene el actual proceso de integración del saber. Los prefijos más reconocidos son: Multi, Inter y transdisciplina: estas son tres fases o niveles del proceso de integración del saber que se ha dado de manera profusa en la historia del conocimiento, tanto en la formación individual de los científicos, como en la labor integradora de los colectivos y comunidades profesionales. Precisamente, dos de los precursores del estudio de la integración del saber fueron Erich Jantsch y Jean Piaget, quienes polemizaron sobre las clasificaciones de la integración del saber en la Conferencia Internacional sobre Transdisciplinariedad de 1970. Sus ideas fueron resumidas más tarde (Jantsch, Erich, 1975) y (Piaget, Jean, 1978). En síntesis, hoy se pueden caracterizar estos niveles así:

**Multidisciplina:** el nivel primario de coexistencia espontánea de disciplina de diversos tipos que participan en un proceso incipiente de integración del saber y de acciones con pobre cooperación y coordinación:

- Nivel primario de integración de disciplinas (nexos inmediatos, superficiales y transitorios).
- A menudo es una actividad compartimentada, aditiva e impuesta desde “desde arriba”.
- No existe una epistemología ni lenguaje común.
- Muchas limitaciones en la comunicación y en las actividades de cooperación del trabajo en equipo.
- Las acciones tienen pobre o bajo nivel en la solución de problemas complejos.

**Interdisciplina:** nivel más complejo de integración, en el que se establecen interacciones entre dos o más disciplinas, donde se definen objetivos comunes sin abandonar sus paradigmas cognitivos propios; allí se produce intercomunicación y enriquecimiento recíprocos y hasta transformaciones de orden metodológico de investigación, pero todavía no se logra construir un lenguaje híbrido, ni una epistemología nueva, de manera que se producen soluciones transitorias y limitadas (no integrales, sistemáticas y duraderas) de los problemas de la realidad:

- Un nivel más complejo de integración de disciplinas (nexos más extendidos, profundos y duraderos).
- Es una actividad más compartida y participativa que propicia la aparición de un líder, aunque todavía sigue siendo impuesta regularmente “desde arriba”.
- Ya aparecen términos comunes y se crean híbridos interdisciplinarios (Biofísica, Bioquímica, Cibernética, etc.).
- Sin abandonar sus paradigmas cognitivos propios se logran mejores métodos, técnicas y procedimientos mixtos.
- Las acciones tienen mayor eficacia pero todavía no alcanzan un impacto global y sustentable en la solución de los problemas complejos.

**Transdisciplina:** el nivel más complejo y eficiente de interacción entre diversas disciplinas con alto grado de cooperación y coordinación en base a objetivos comunes. A este nivel se logra construir un lenguaje híbrido y una epistemología

nueva, es decir, se establece una visión estratégica común consolidada, mediante un proyecto de transformación consciente y creativa con metodologías alternativas viables y alto nivel de solución de problemas complejos:

- Es el nivel más elevado y eficiente de interacción de disciplinas (nexos universales, esenciales y permanentes).
- Es una actividad de alto grado de participación consciente y democrática de cada uno de sus miembros, que logra a través de su líder natural, o líderes no impuestos, una eficiente cooperación y coordinación.
- Se utiliza y perfecciona la emergente epistemología de los *estudios de la complejidad*, que construye el lenguaje transdisciplinario común necesario para el trabajo en equipo.
- Se crean nuevos paradigmas cognitivos, métodos, técnicas y procedimientos, así como nuevas estructuras organizacionales con arreglo a la naturaleza compleja del objeto.
- Proyecto de transformación consciente con alternativas viables y alto nivel de solución de problemas concretos.
- El alcance de las soluciones generadas por el trabajo transdisciplinario tienen un impacto integrador y sustentable. (Martínez Álvarez, Fidel, Ortiz Hernández, Eloy, González Mora, Ania, 2007), (Martínez Álvarez, Fidel, Ortiz Hernández, Eloy, González Mora, Ania, 2008a), (Martínez Álvarez, Fidel, Ortiz Hernández, Eloy, González Mora, Ania, 2008d) Antecedentes de estos estudios están en: (Baran, Paul, 1964), (Chew, Geoffrey, 1968), (Briggs, A., et. al., 1972), (Biosot, Marcel, 1972), (Jantsch, Erich, 1975), (Japiassu, H., 1976), (Heckhause, Heinz, 1997), (De Rosnay, J., 1977), (Piaget, Jean, 1978), Miranda Pacheco, M., 1978, Bazhenov, L.B., 1979, Bahm, A., 1980, Winkin, Y., 1981, (Checkland, Peter, 1981), Morin, E., 1981, 1983, 1984, 1990, 1994, 1995, 1996a,b,c, 1998, 1999a,b, 2008, Sinaceur, M.A., 1982, Gusdorf, G., 1983, Epton, S. R., et. al., 1983, Bechtel, W., 1986, Suero, M., 1986, Winkler, K., 1987, Dorn, H., 1987, Laszlo, E., 1988, 1995, Birnbaum, P.H., et. al., 1990, (Klein, Julie, 1990), (Klein, Julie; et. al., 2001), (Klein, Julie, 2003),

(De Freitas, Lima; Morin, Edgar; Nicolescu, Basarab, 1994), Torres Santomé, J., 1994, 1998, 2006, 2007, Núñez Jover, J., 1994, 1999, 2001, 2008, CIRET-UNESCO, 1994, 1997, 2000, Alonso Anega, H., 1994, López Cerezo, J.A., et. Al. , 1994, Martínez Miguélez, M., 1996, 1999b, 2001c,d, 2006, 2009, Mañalich, R., 1997, Nicolescu, B., 1996, 1998, 1999, Castillo, J.J., 1997, (Mañalich, R., 1998), Figaredo, Curiel, F., 1998, 2002, (Nicolescu, Basarab, 1999), (Álvarez Pérez, Marta, 1999), Burnett, R., 2000, (Fernández de Alaiza, Berta, 2001), Correa, C., 2000, Motta, R., 2000, Aguilar Sot, J.F., 2001, Navarro Cid, J., 2001, Castro Sáez, B., 2001, (Villaroel, P., Firmani, C., 2002), Delgado Díaz, C., 2002a, 2004b, 2006b, 2007, 2009a, b, (Espina Prieto, Mayra, 2003), Alvargonzález, D., 2003, (De la Rúa Batista, Manuel, 2000), (Fernández de Alaiza, Berta, 2001), Hernández Rabell, L., 2003, Jeffrey, P., 2003, Salazar, D., 2004, (González Casanova, Pablo, 2004), (Lombana Rodríguez, Raúl, 2005), Martínez Álvarez, F., Ortiz Hernández, E., González Mora, A., 2007b, 2008a, d, Espina Prieto, M, 2007, Austin, W., C. Park, E. Goble, 2008, Greckhamer, T., M. Kro-Ljungberg, S. Cilesiz, S. Hayes, 2008, Oliva Figueroa, I., 2008, Varona Domínguez, F., 2008a, b, (Francois, Charles, 2009), Rodríguez Marisy, A., 2009, González Velasco, J.M., 2010.

9. **Los paradigmas emergentes y la educación Superior:** en esta esfera ya va creciendo el número de profesores e investigadores que se dedican al estudio de los avances epistemológicos y metodológicos de *los paradigmas emergentes* de la *nueva Revolución del Saber*. Entre los autores que investigan los *problemas educativos* desde esas *perspectivas* se destacan: (Colom Cañellas, A.J., 1982), (Colom, Cañellas, A.J. y Núñez, L., 2001), (Colom Cañellas, A.J., 2002), (Goetz, J.P., M.D. Le Compte, 1988), (Lipman, Mathew, 1992), (Leopold, Aldo, 1949); (Zemelman, H., 1993); (Follari, Roberto, 1993); Elizalde, A., 1993, Osorio, I. y Weinstein, L., 1993, (Schnitman, Dora Fried (ed.), 1994), Torres Santomé, J., 1994, 1998, 2006, 2007, Zubiria de, M., 1994a, b, García Cuadrado, A., 1995, Martínez Miguélez, M.,

1996, 1998b, 1999, 2001c,d, 2006, 2009, González Rey, F., 1997, Maturana, H., 1997c, Santana Bonilla, P., 1997, Sotolongo Codina, P.L., 1997, 2002, 2003, 2007a, 2007c, (Forrester, J.W., 1968), Hoyos, G., 1998, Hargreaves, A., 1998, Pérez Gómez, A., 1998; Castellanos Simons, B., 1998a y b, 1999b, 2001, (Arnold Cathalifaud, Marcelo, 1999b), Morin, E., 1999a, b, Santos Rego, M., 2000, Correa, C., 2000, Motta, R., 2000, Aguilar Sot, J.F., 2001, Navarro Cid, J., 2001, Castro Sáez, B., 2001, (Brownlee, J., N. Purdie y G. Boulton-Lewis, 2001), (Romero Pérez, Clara, 2001), (Romero Pérez, Clara, 2008), Campechano, J., 2002; Delgado Díaz, C., 2002a,c y d, 2009a, 2009b, c, d, Soto, M.H., 2001, Viega Fernández, J., 2002, Valdés, P., Valdés, R., 2002, Schraw, G., L. Olafson, 2003, Hernández Rabell, L., 2003, (Diegoli, Samantha, 2003), (Diegoli, Samantha, 2004), Cáceres, C., Cristi, O., 2003, 2007, (González Casanova, Pablo, 2004), Salazar, D., 2004, García Batista, G., 2004, Cornejo Álvarez, A., 2004, Giraldo, G., 2005, González Valdés, A., 2006, Varona Domínguez, F., 2008a, b, Espina Prieto, M., 2005, 2007, D'Angelo Hernández, O., 2005, 2006, 2008, 2009, (Oliva Figueroa, Iván, 2006), (Oliva Figueroa, Iván, 2007), (Oliva Figueroa, Iván, 2008), (Márquez Pérez, Efraín, 2009), (González Velasco, Juan Miguel, 2010), (Martínez Álvarez, Fidel, 2011b).

**10. Las Crisis y las fuentes clásicas del conocimiento:** hoy existe un reconocimiento creciente de que la noción de crisis está asociada a un proceso dialéctico de interrelaciones entre las tendencias tanto destructivas como reconstructivas en los sistemas complejos, inherentes a su dinámica de auto-organización. Por ejemplo, para Edgar Morin, "... lo propio de una crisis, que implica peligros enormes de regresión y de destrucción, implica también oportunidades de imaginación creadora, de diagnóstico pertinente, de concepción de una vía de salida" (Morin, 2010: 11). A su vez, para Morin la concepción de crisis, en la escala social, presupone ir más allá de la idea de perturbación y de ruptura del equilibrio, "... es preciso



concebir la sociedad como un sistema capaz de sufrir crisis, es decir, proponer tres órdenes de principios, el primero sistémico, el segundo cibernético, el tercero negaentrópico, sin los cuales la teoría de la sociedad es insuficiente y la noción de crisis inconcebible.” (Morin, 1976: 149). Además, enfatizando sobre la oportunidad creadora que proporcionan las condiciones de crisis, Morin sentencia que: “El principio de que «no hay organización sin anti-organización» muestra que antagonismo y complementariedad son dos polos de una misma realidad compleja. El antagonismo, cuando va más allá de ciertos umbrales y procesos, da lugar a la desorganización, pero, incluso al volverse desorganizacional, puede constituir la condición de reorganizaciones transformadoras” (Morin, 1976: 153). A su vez, la práctica demuestra, con una infinidad de casos, tanto la certeza del concepto de Morin como de la noción china de crisis, pues en esa milenaria cultura se ha codificado ese contradictorio significado del término en un ideograma compuesto por dos palabras situadas una encima de la otra, las cuales revelan dos caras de una misma moneda. Para los chinos crisis significa amenaza y oportunidad. A su vez, se deben considerar otras ideas, por ejemplo, en la literatura un destacado poeta brasileño Mauricio Gois sintetiza, con elocuencia sin par, la riqueza semántica del término crisis. La idea central del poema gira en torno a la naturaleza contradictoria de la idea de crisis, la cual asume como premisa y raíz de su movimiento hacia la auto-superación, pues para ello destaca que ante todo se debe tomar conciencia de las oportunidades que proporciona la propia crisis en la solución de cualquier conflicto. En el mundo académico se ha estudiado el fenómeno de las crisis desde los más variados referentes filosóficos y epistemológicos: (Kuhn, Thomas Samuel, 1962/2000), (Kuhn, Thomas Samuel, 1994), (Morin, Pour une crisologie, 1976), (Morín, Edgar, 1981), (Morín, Edgar, 1984), (Morin, Edgar, 1994a), (Morín, Edgar, 1998a), (De Rosnay, J., 1977), (Toffler, Alvin, 1980), (Berman, M., 1981), (Ferguson, Marylin, 1987), (Pániker, Salvador,

1987), (Nemeth-Baumgartner, A., 1993), (Woodcock, A.; Davis, M., 1994), (Capra, Fritjof, 1975/1997), (Capra, 1996), (Capra, Fritjof, 2002), (Martínez Miguélez, Miguel, 1996), (Pradenas, Alfredo, 1998), (Martínez Álvarez, Fidel, 2000, págs. 44-45), (Martínez Álvarez, Fidel, 2011, págs. 165-166, Anexo 1.11), (Woods, A; Ted, G, 2005). Concretamente, las crisis de paradigmas, en el sentido que Thomas Kuhn les da, se producen como eventos tan legítimos como los momentos de éxitos, pues la historia de la filosofía y de la ciencia no es un proceso solo lineal, sino también no lineal, ya que presupone a la vez progresos y regresos. Por tanto, las crisis paradigmáticas son la antesala de la ciencia extraordinaria o revolucionaria, pues las anomalías científicas, generadas por los nuevos hechos científicos descubiertos, no pueden ser ni explicadas ni resueltas con el paradigma vigente. En semejante etapa aparecen las reinterpretaciones filosóficas y científicas entorno a las raíces y fuentes clásicas del conocimiento, para, entonces a partir de ellas, reconstruir o crear las teorías necesarias para revolucionar el paradigma decadente y así proponer alternativas viables que puedan ser aceptadas por la comunidad científica (Kuhn, Thomas Samuel, 1962/2000), (Kuhn, Thomas Samuel, 1994). Para lograr superar o salir airoso de una crisis, se debe reconocer, ante todo, la propia existencia de la crisis, es decir, reconocer que es un inevitable proceso histórico contradictorio que presupone, tanto una tendencia hacia la destrucción (amenaza) del sistema, como una puerta (oportunidad) hacia su progreso o sustitución por otro nuevo y superior. En esencia, se precisa identificar las amenazas de la crisis y, más que nada, sus oportunidades. Reconocer la crisis como un proceso complejo significa revelar toda su historia: premisas, nacimiento, desarrollo y perspectiva. Si la crisis es epistemológica, entonces, se demanda retornar a las fuentes clásicas del conocimiento para reinterpretarlas a la luz de la nueva situación histórica. A lo largo de la historia este procedimiento metodológico ha jugado un papel decisivo, precisamente, porque “los virajes y revoluciones

en el pensamiento no pueden desechar totalmente las representaciones existentes en el pasado: algo se conserva, algo se queda fuera del campo visual, y algo se reinterpreta, y precisamente la reinterpretación del material trabajado, en el espíritu de las nuevas representaciones teóricas (las que, dicho sea de paso, pueden tener su fuente en las concepciones anteriores desechadas) constituyen la esencia de los avances conceptuales, los que permiten hablar de la transición de un nivel de comprensión a otro” (Kurdiunov, S.P., 1999, págs. 3-4) Otros autores enfatizan la necesidad de satisfacer esa demanda, entre ellos están: Zardoya Laureda, R., 1995, p. 64-65, 1996, p. 32-33, Castillo, J.J., 1997, p. 143-156, Hart Dávalos, A., 1997, p. 1, Cansino, C., 1998, p. 7-21, Ramírez Valdés, G., 2000, p. 1-5, Machado Ramírez, E., 1999, p. 6-10, Delgado Díaz, C., 2002, p. 1-3, Suárez Martín, L., 2003, p. 1-2, (Juarrero, Alicia, 2002), (Juarrero, Alicia, 2006), (Juarrero, Alicia, Rubino Carl A., et. al., 2008).

- 11. Concepción heredada de la ciencia:** se refiere a la expresión inglesa “recived view” o “standard view”, denominaciones introducidas por Hilary Putnam para referirse a la visión heredada o tradicional del conocimiento científico (Putnam, 1962/1989). En esencia, es una concepción sobre la racionalidad científica que se ha formado durante toda la modernidad, pasando por el positivismo y el neo-positivismo, caracterizada por el predominio del enfoque disciplinar, fragmentado, reduccionista y lineal de la realidad (estos son solo algunos rasgos distintivos). Varios autores, desde diferentes perspectivas epistemológicas, han aportado a la sistematización de las ideas para la crítica a esta concepción: Putnam, H., 1962, 1987, Gallagher, J.J., 1971, Rorty, R., 1979, 1991, Toffler, A., 1980, (Prigogine, Ilya y Stengers, Isabelle, 1979/1983), (Prigogine, Ilya; Nicolis, Grégoire, 1994a), (Prigogine, 1997), Ibáñez, J., 1985, 1988, 1990, Echevarría, J., 1989, 1995, Cutcliffe, S., 1990, Woolgar, S., 1991, Lowy, M., 1991, Bueno, G., 1992,

Acevedo, J.A., 1992, 1993, 1996, (Casti, John, 1994), Hacking, I., 1995, Fernández-Rañada, A., 1995, González García, M.I., et. al., 1996, Martínez Miguélez, M., 1996, 2002, 2006, 2009, Morin, E., 1997, 2004, Suárez López-Guaso, L., 1998a, Núñez, Jover, J., 1999a, 2002, Maldonado, C.E., 1999, Fernández, S.P., 1999, Morales Calatayud, M., 2001, Najmánovich, D., 2002, Figaredo Curiel, F., 2002, Delgado Díaz, C., 2002a,b,c, 2004a,b,c, 2006, Aikenhead, G.S., 2003, Vázquez Alonso, A., et. al., 2003, (González Casanova, Pablo, 2004), Woods, A., T. Grant, 2005, Sotolongo, P.L., 2003, 2004. El autor tiene algunos textos publicados, en los que realiza una pormenorizada crítica a esta concepción y sistematiza más de veinte rasgos generales que le caracterizan (Martínez Álvarez, Fidel, 2000, págs. 18-26), (Martínez Álvarez, Fidel, 2002), (Martínez Álvarez, Fidel, 2004a).

**12. Ideología y Ciencia:** desde diferentes perspectivas epistemológicas varios autores han tratado este controvertido tema: (Weber, Max, 1987), (Mannheim, Karl, 1966), (Schaff, Adams, 1969), (Trias, Eugenio, 1971), (Salomón, Jean, 1974), (Thuillier, Pierre, 1975), (Quintanilla, Miguel Ángel, 1976), (Habermas, Jürgen, 1986), (Castro Ruz, Fidel, 1990), (Lowy, Michael, 1991), (Bunge, Mario, 1991), (Sánchez Ron, José Manuel, 1992), (Núñez, Jover, Jorge, 1992), García Capote, E., 1992, 1995, 1998a,b, 1999, Zardoya Laureda, R., 1995, 1996, (Rabelo, Paul, 1995), (Rabelo, Paul, 1996), (Rabelo, Paul, 1998a), (Rabelo, Paul, 1998b), (Hormigón, Mariano, 1996a), (Sánchez Azcona, Jorge, 1996), (Codorníu Pujals, Daniel, 1999), (Martínez Álvarez, Fidel, 2000).

**13. Logos:** término o vocablo griego antiguo, que significa, según diversas escuelas, “idea”, “razón”, “palabra”, “doctrina”, etc., pero específicamente Heráclito, interpreta este término como: "ley, regularidad y necesidad universales". La lógica formal como ciencia es el conjunto de las reglas a que se supedita el proceso del pensar y las formas del raciocinio. Los estoicos, también se refieren a la

"lógica de las cosas" o "lógica de los acontecimientos", por lo que lógica también se sale del plano formal de su interpretación y se extiende a su significación dialéctica como concepción filosófica, al referirse no sólo a su forma, sino también a su propio contenido según el significado en contextos culturales concretos. Así también, en otras esferas del saber, la lógica se expresa de modo particular como: lógica matemática, proposicional, inductiva, modal, combinatoria, polivalente, simbólica, deóntica (Stiázhkin, N., 1967, Makovelski, A., 1967, (Guetmánova, A., 1986), 1991) y más recientemente han aparecido otras disciplinas: lógica de la ciencia, lógica difusa o borrosa (fuzzy), etc. (Zadeh, L., 1965, 1988, Dubois, D., Prade, H., 1980, Capra, F., 1975, 1996, Haack, S., 1991, Kosko, B., 1995, Munné, F., 1993, 1994, 1995, 2000, 2001a y b, Prieto Marañón, P., San Luís Costas, C., Sánchez, B.A., 1996, Martínez, Miguélez, M., 2001b, 2009, Cisneros, C., 2001, p. 2-8, Andrade, R., et. al., 2002, p. 11-12, Silva Álvarez, A., 2003, Rivero Jiménez, J., 2003, Diegoli, S., 2003, 2004, Gutiérrez Ríos, J., 2005, Corzo, Y., 2006, Morillas Raya, A., 2006, Toledo Amador, A., Escobar, M.A., Ortiz Hernández, E., 2007, Betancourt, J.et. al., 2007, Kantrowitz, M., et al., 2008, Wikipedia, 2009).

- 14. Explicación y Comprensión:** con el libro *Intention*, publicado en 1957 por la epistemóloga y psicóloga social irlandesa Gertrude Elizabeth Margaret Anscombe (1919-2001), se rescata, después de Hegel, la excepcional idea aristotélica del silogismo práctico, el cual presupone que el conocimiento es un proceso social complejo de aprehensión no solo de la objetividad, sino también de la intencionalidad del sujeto, del significado (semántico) y sentido personal, de las emociones y demás aspectos de la espiritualidad latente en el proceso del conocimiento. Hegel fue quizás el primero o uno de los pocos (en la misma época que Friedrich Schleiermacher, fundador de la hermenéutica moderna) que rescató esa idea. Con el genio alemán el silogismo práctico aristotélico recibe el nombre de esquema lógico de

inferencia práctica. El alcance epistemológico de estas ideas: aristotélica, hegeliana, hermenéutica y constructivista quedó casi en el olvido, solo fue retomada por algunos pensadores de diferentes tendencias filosóficas, que enfatizaron su valor para la determinación de las diferencias cualitativas entre los métodos científicos naturales y sociales, a través de la distinción de los términos: explicación y comprensión, es decir, concepto y noción, explicación vs. implicación (Ardoino, Jacques, 1991), considerados estos expresión de la esencia de los métodos propios de cada tipo de ciencia, fundados, preferentemente, los primeros en las causalidades y los segundos en las finalidades, es decir, en los sentidos y las significaciones del sujeto (Ardoino, 1997: 7) Esta es una polémica que ha permanecido en la sombra, debido a las controversias neopositivistas sobre la esencia, demarcación y métodos de las ciencias, pero ya, afortunadamente, en las últimas dos décadas ha reverdecido, especialmente, entre los cultores del constructivismo y la hermenéutica. De hecho, la interpretación dialéctica de la relación entre estos conceptos es clave para la vindicación de la legitimidad de las ciencias sociales y del proceso de integración del saber, desde la perspectiva de la transdisciplinariedad y de los avances epistemológicos y metodológicos de la Revolución Contemporánea del Saber. Al parecer ya hoy se reconoce que esa bizantina polémica debe ser superada, pues: “La comprensión y la explicación se han visto desde la época de W. Dilthey como contrapuestas, considerándose la primera como modo de aprehensión de los objetos de las ciencias sociales y humanísticas, y la segunda como modo de aprehensión de los objetos de las ciencias naturales, en este sentido, la comprensión es un proceso para la determinación de los significados y sentidos, a diferencia de la explicación que se refiere a hechos y relaciones causales, sin embargo es necesario precisar que ambas se dan en unidad dialéctica tanto en las ciencias naturales, sociales y humanísticas” (Matos Hernández, Eneida, Fuentes González, Homero, Montoya Rivera, Jorge, 2007, págs. 16-17). Una visión

similar, de espíritu dialéctico, sobre la noción de comprensión enfatiza que: “Comprender significa aprehender los aspectos psíquicos humanos en lo que refiere a sus dimensiones espirituales, comprender es una situación empática a través de la cual el sujeto puede llegar a imaginar cómo se vivencian determinadas situaciones o cómo se significan hechos donde el hombre es protagonista” (Bar, Aníbal, 2001, pág. 6). En la historia del conocimiento esta idea se han desarrollado desde diversas perspectivas epistemológicas: (Dilthey, Wilhelm, 1900/1976), (Bachelard, Gastón, 1932/1999), (Bachelard, Gastón, 1934/1981), (Bachelard, Gastón, 1961/1978), (Braithwaite, R.B., 1953/1965), (Gadamer, Hans Georg, 1958/1977), (Gadamer, Hans Georg, 1981), (Gadamer, Hans Georg, 1995), (Anscombe, Gertrude Elizabeth Margaret, 1957/1991), (Bourdieu, Pierre, Chamboredon, Jean-Claude, Passeur, Jean-Claude, 1971/1976), (Bourdieu, Pierre, 1984), (Bourdieu, Pierre, 1986), (Bourdieu, Pierre, 1995), (Bourdieu, Pierre, 1996), (Heidegger, Martin, 1971), (Heidegger, Martin, 1974), (Bateson, Gregory, 1972/1993), (Bateson, Gregory, 1993), (Merleau-Ponty, M., 1975), (Ricoeur, P., 1975), (Ricoeur, P., 1988), (Morín, Edgar, 1981), (Morín, Edgar, 1983), (Morín, Edgar, 1984), (Morín, Edgar, 1986), (Morín, Edgar, 1994a), (Morín, Edgar, 1998a), (Morín, Edgar, 2003), (Schlanger, J., 1983), (Maturana, Humberto y Varela, Francisco, 1990), (Maturana, Humberto, 1995), (Maturana, Humberto, 1997a), (Maturana, Humberto, 1997b), (Van Dijk, Teun, 1992), (Von Wright, Georg Henrik, 1994, págs. 305-342), (Fox Keller, Evelyn, 1994), (García Cuadrado, Amparo, 1995), (Martínez Miguélez, Miguel, 1996, pág. 1), (Ardoino, Jacques, 1997), (Salazar, Diego Rodrigo, 1997), (Lotman, Y.M., 1999), (Bar, Aníbal, 2001).

- 15. Emergencia:** Esta noción sobre la aparición de nuevas propiedades tiene un seminal fundamento en el enfoque sistémico de Aristóteles, sintetizado genialmente en su conocida sentencia de que: “el todo es algo más que la suma

de las partes”. De hecho, “la ciencia occidental no tuvo en cuenta ni - menos aún - desarrolló el contenido profundo que esta frase encierra; así, los problemas que ella contiene, en lugar de ser resueltos, se negaron o se soslayaron” (Martínez Miguélez, 1996: 24). Hoy esta definición está siendo reinterpretada, pues se asume que de las relaciones de las partes del sistema emergen cualidades y propiedades nuevas que lo enriquecen. Es cierto que Aristóteles no utilizó esta terminología pero con la suya (sinalon en lugar de sistema) explicó genialmente este mismo proceso. En los libros cuarto y quinto de su obra *Metafísica* dedica más de un centenar de páginas para hablar sobre la dialéctica del Todo y la Parte. Entre sus avanzadas reflexiones, que enriquecen la tesis central de su enfoque sinalógico (sistémico), se destaca la siguiente: “se llama todo o conjunto, porque es una unidad resultante de muchas partes integrantes, sobre todo cuando éstas partes existen en potencia, y algunas veces también cuando existen en acto” (Aristóteles, 2005a: 127). Una interpretación avanzada del enfoque sinalógico (sistémico) de Aristóteles de las totalidades y su valor para las teorías generales de sistemas, aparece en: (Bueno, 1993a: 127-274). Aunque existieron todos esos antecedentes los impulsos decisivos en el estudio del fenómeno de la emergencia de propiedades cualitativamente nuevas en los sistemas complejos se intensificaron en los inicios del siglo XX. Por ello, hay autores que dicen que: “the idea of emergence blossomed in the 1920’s with contributions from C. Lloyd Morgan, C. D. Broad, Samuel Alexander, Henri Bergson, Alfred North Whitehead, and Arthur O. Lovejoy” (Abel, 2009: 2) Varios autores han profundizado en el concepto de emergencia y en su ejemplificación en los sistemas vivos (Lewin, Roger, 1992), (Bak, Per, 1996), (Solé, Ricard; et. al., 1996), (Altshuler, O.; Ramos, C.; Martínez, L.; E. Flores; C. Noda, 2001), (Sumpter, Phil, 2006), (Detrain, and J.L. Deneubourg, 2006), (Altshuler, Ernesto; et. al., 2006a), (Altshuler, Ernesto, 2009), (D’Angelo Hernández, Ovidio,



2009), (Martínez Álvarez, Fidel, 2010a), (Martínez Álvarez, Fidel, 2010e).

**16. Postmodernismo vs. Modernidad:** muchos autores consideran que la Modernidad es esa larga época histórica que tiene sus orígenes en el Renacimiento y se extiende todavía hasta hoy. Es la reflexión del hombre sobre "lo terrenal" y "lo humano", desde la génesis del modo capitalista de producción y la correspondiente mirada del hombre hacia sí mismo. Se caracteriza por una racionalidad o espiritualidad occidental fundada en la ciencia y sus mitos y cánones (Martínez Álvarez, Fidel, 2002), (Martínez Álvarez, Fidel, 2006a) "La realidad, para ese espíritu occidental, es espacio y tiempo a dominar, conquistar, disponer, transformar e intervenir, y los usos de la razón para tal empeño serían la formalización, la sistematización, la experimentación, la contrastación empírica, la crítica especializada. Es este espíritu de vocación racionalista el que va a cualificar a la modernidad europea capitalista y sus procesos de expansión (cultural y social) progresiva sobre sí misma, y más allá también de sus fronteras en su imperialista empresa de dominación del mundo" (Rabelo, Paul, 1998a, pág. 427). Para el estudio de los antecedentes históricos y teóricos de la crítica a los mitos de la Modernidad y del Postmodernismo como su contracorriente se puede consultar la obra de investigadores de las más disímiles culturas, corrientes de pensamiento y áreas de conocimientos: (Bertalanffy, Ludwig Von, 1950), (Bertalanffy, Ludwig Von, 1968/1976), (Bertalanffy, Ludwig Von, C.G. Hempel, R.E. Bass y H. Jonas, 1951), (Snow, Charles Percy, 1959/1977), (Putnam, Hilary, 1962/1989), (Foucault, Michel, 1970), (Foucault, Michel, 1977), (Foucault, Michel, 1981), (Toffler, Alvin, 1973/1998), (Toffler, Alvin, 1980), (Feyerabend, Paul K., 1975/1981), (Feyerabend, Paul K., 1993), (Feyerabend, Paul K., 1995), (Thuillier, Pierre, 1975), (Thuillier, Pierre, 1977), (Thuillier, Pierre, 1983), (Thuillier, Pierre, 1990), (Thuillier, Pierre, 1992), (Gadamer, Hans Georg, 1981),

(Hayles, Katherine, 1993), (Lyotard, J.F., 1994), (Mitchem Carl, 1995), (Luhmann, Niklas, 1995a), (Luhmann, Niklas, 1999f), (Acosta, Matos, Eliades, 1995), (Rabelo, Paul, 1995), (Rabelo, Paul, 1996), (Rabelo, Paul, 1998a), (Rabelo, Paul, 1998b), (Cilliers, P., 1998), (Lash, Scott, 1997), (Báez, Roa, Jorge, 1997), (Buela, Alberto, 1997), (Hargreaves, Andy, 1998), (Margot, Jean Paul, 1999), (Fuentes, Juan Francisco, 2000), (Cano, Lidia, 2000a), (Cano, Lidia, 2000b), (Munné, Frederic, 2001b), (Martínez Álvarez, Fidel, 2006a), (Navarro, Desiderio, 2007).

**17. Principio hologramático y Análisis por unidades:** el estudio de la realidad no solo es válido realizarlo desde la perspectiva disciplinar que la simplifica, partiendo del análisis detallado de sus elementos constitutivos (desde sus partes, lo cual es necesario, pero insuficiente), sino que exige también elevarse a la perspectiva integradora del análisis por unidades, que se base en el estudio de las interrelaciones de las partes que permite descubrir las propiedades emergentes del todo, lo cual solo se logra desde la perspectiva del trabajo transdisciplinario, porque se aprehenden los patrones y regularidades que revelan la dimensión hologramática de la realidad. Es decir, se debe comprender el sistema como Sílonon, en el sentido que le asignó Aristóteles, que significa totalidad atributiva enriquecida por las relaciones de las partes. A la vez, presupone la relación inversa de cómo las partes contienen en síntesis la información del todo, como otra de las propiedades de las partes que se presuponen en lo que hoy se conoce, desde la perspectiva de la complejidad y de la geometría fractal, como principio hologramático (Morin, Edgar, 1994a), (Mandelbrot, Benoit, 1997). Ya hoy, desde la perspectiva sistémica, holística e inter y transdisciplinaria, se han realizado atinadas críticas al ideal clásico reduccionista de la ciencia (Feyerabend, Paul K., 1975/1981), (Morin, Edgar, 1984), (Gleick, James, 1988), (Morin, Edgar, 1994a), (Morin, Edgar, 1998), (Prigogine, Ilya, 1999), que proporciona el estudio de la realidad por las

unidades, pues permite más la integración del saber que su fragmentación y aislamiento. La confirmación de esta idea está en la historia de la ciencia. Por ejemplo, en los inicios del siglo XIX (1811) en la Química se definió a la molécula (el italiano Amadeo Avogadro) como la unidad estructural básica de las sustancias químicas, luego a mediados de ese mismo siglo (1858) en la Biología la célula, un poco de tiempo después (1867) en la Economía política Carlos Marx define a la mercancía como la célula de la sociedad capitalista, además, en el paso del siglo XIX al XX el átomo se establece como el centro de los estudios en la Física, mientras que en las primeras décadas del pasado siglo Charles Sanders Peirce y F. de Saussure consideraron, desde dos perspectivas concomitantes: semiótica y lingüística al signo como la unidad de análisis de ambas especialidades. Lo mismo sucedió con la psico-pedagogía a mediados del siglo XX cuando L.S. Vigotski propuso al significado como la unidad de la relación pensamiento – lenguaje. Hoy tiene gran interés epistemológico el estudio de la evolución de las disciplinas científicas y sus interrelaciones, pues “... el tránsito del análisis por elementos al análisis por unidades, es un proceso de transformación en la metodología de la ciencia que ha conducido a disminuir las distancias entre las disciplinas, al extremo de in-disciplinarlas. Indisciplinarlas, porque de un lado, ha permitido la profundización del conocimiento en disímiles campos del saber, y por otro lado, ha favorecido la caída de las fronteras disciplinarias, y las distintas unidades de análisis han devenido campos transdisciplinarios” (Rodríguez Marisy, Abel, 2009) Entre los autores que, directa o indirectamente, han tratado el tema de la evolución de la ciencia están: Popper, K., 1962, 1982, 1985, Kedrov, B.M., 1974, 1976, 1984, Kopnin, P.V., 1980, Morin, E., 1981, 1983, 1984, Ilienkov, E.V., 1984a, Bueno, G., 1992, 1993, Moriello, S., 2004, 2006, Fontenla, J.L., 2008.

- 18. Clasificación hegeliana de los Juicios:** poco se conoce sobre las encomiables valoraciones de Marx, Engels y

Lenin sobre este singular aporte de Hegel a la lógica. Concretamente, Federico Engels utilizó esta clasificación para explicar el proceso de surgimiento y desarrollo de las leyes científicas. Primero expone como Hegel clasifica los juicios:

- 1.- **Existencia**
  - *positivo.*
  - *negativo.*
  - *indefinido.*
  - *singular.*
- 2.- **Reflexión**
  - *particular.*
  - *universal.*
  - *categórico.*
- 3.- **Necesidad**
  - *hipotético.*
  - *disyuntivo.*
  - *asertorio (asertivo)*
- 4.- **Concepto**
  - *problemático.*
  - *apodíctico.*

Aquí se resumen las reflexiones ingeniosas de *Engels* sobre esta clasificación hegeliana mediante un ejemplo sobre la manera en que el hombre estudió, durante toda la historia, **la forma física del movimiento**:

El hombre primero llegó a la conclusión de que:

1. “*El frotamiento es una fuente de calor*”.  
(juicio de existencia positivo).

Más adelante en el tiempo se logró afirmar que:

2. “*Todo movimiento mecánico puede trocarse en calor mediante la fricción*”.  
(juicio de reflexión universal).

Y, por último, gracias al desarrollo de la física moderna, se descubrió una regularidad universal:

3. “*Toda forma de movimiento puede y debe, en condiciones determinadas para cada caso, convertirse, directa o indirectamente en otra forma de movimiento cualquiera*”.  
(juicio de concepto apodíctico, la forma superior de la lógica).

*La Clasificación hegeliana de los juicios* tiene un valor inestimable para el desarrollo de la Filosofía y la Ciencia, sin embargo, ha sido poco divulgada. En verdad, esta clasificación es una de las mayores conquistas del pensamiento filosófico y aunque los clásicos del Marxismo le prestaron especial atención todavía hoy su real valor metodológico es prácticamente desconocido, subestimado u olvidado entre los propios filósofos, así que entre los científicos la situación es peor. Para complementar este análisis sobre las clasificaciones de los juicios, es preciso analizar la propuesta de filósofo soviético *P.V. Kopnin*, la cual se realiza atendiendo a varios criterios, pues el juicio puede clasificarse también por: su contenido, función y formas de expresarse (Hegel, G.W.F., 1974b, págs. 551-584), (Engels, Federico., 1979, págs. 188-190), (Kopnin, 1980: 203-204).

**19. Criticalidad** es una propiedad o estadio de cambio radical y cualitativo que se produce con mucha frecuencia en la realidad. Varias investigaciones más recientes han confirmado los trabajos iniciados por el físico danés Per Bak sobre la “criticalidad auto-organizada”. Los sistemas complejos al llegar a un punto crítico, producido por una serie de pequeñas variaciones, modifican el sistema hacia un nuevo estado cualitativo, algo que hoy se denomina: “el borde del caos” (Bak, Per, 1996). Precisamente, el *número de Reynolds* fue la antesala de las confirmaciones científicas concretas de las leyes de la concepción dialéctica hegeliana y se expresó en la fórmula:  $N_R = \frac{\rho v D}{\eta}$ .

**Leyenda:**  $\rho$  representa la densidad del fluido,  $\eta$  es el coeficiente de viscosidad,  $v$  la velocidad media del fluido por el tubo y  $D$  el diámetro del mismo.

En fin, durante casi todo el siglo XX los científicos estuvieron confirmando con ejemplos cotidianos la ley dialéctica sistematizada por Hegel de transición de los cambios cualitativos en cuantitativos y viceversa (Woods y Ted, 2005: 40).

**21. Tradiciones en los estudios sociales de la Ciencia y la Tecnología:** en un lamentable espíritu hegemónico occidental se afirma que existen solo dos tradiciones en el movimiento CTS, la europea y la norteamericana, pero ya muchos autores reconocen la existencia de otras. Aunque es verdad que han ejercido gran influencia en el desarrollo contemporáneo de los estudios CTS, otras tradiciones han sido olvidadas y obviadas intencionalmente, por ejemplo:

- **Ex-socialista:** en la URSS, Alemania, Checoslovaquia, Polonia, Bulgaria y otros países del Campo socialista, desde donde se han recibido fructíferas contribuciones a los estudios sociales sobre la ciencia (Cienciología), así como en las esferas de la sociología, ética, historia y lógica de la ciencia, etc. Este movimiento ex-socialista se puede dividir en dos tendencias:

a) **Los estudios cienciológicos**, representados por soviéticos y socialistas de Europa oriental, entre ellos se destacaron: I. Borichevski, B. Hessen, S.R. Mikúliniski, G. Kröber, R. Richta, C. Shvedosvki, etc. (Figaredo Curiel, Francisco, 2002)

b) **Los estudios sobre los problemas filosóficos de las ciencias particulares.** M.B. Kedrov, T. Pavlov, V. Sadovski, P. Gaidenko, Stiopin, Fedosiev, Meliujin, Kedrovski y otros.

- **Latinoamericana:** ya es un hecho reconocido que en América Latina existen las bases de una nueva tradición en los estudios CTS, la cual ha apuntado como tendencia hacia la problemática del desarrollo como tema central que condiciona los más agudos debates entre los profesionales dedicados a los estudios de la ciencia y la tecnología.
- **Asiática:** a su vez, en otras latitudes del mundo, por ejemplo en Asia, se pueden encontrar valiosas contribuciones al Movimiento CTS y entre los países que se destacan están Australia y Nueva Zelanda, en los cuales los programas de desarrollo de la educación en

ciencia y tecnología tienen gran difusión y alcance social. En Australia son evidentes las influencias de los estudios históricos y sociológicos de la ciencia desarrollados por la tradición inglesa. Tampoco se debe olvidar que en Nueva Zelanda vivió sus últimos años Karl Popper y sus obras fueron difundidas por George Basalla y otros especialistas de renombre. El desarrollo de los estudios CTS en Asia es considerable, de lo que se trata es que las fuentes de información sobre aquella realidad no están todavía a nuestro pleno alcance. Además, en la rica cultura científico-tecnológica de los países del Oriente: Japón, China y los denominados tigres asiáticos (Corea, Taiwán, Hong Kong, Singapur, Malasia, Indonesia, Tailandia, etc.), se han realizado significativos aportes. Es muy lamentable que todavía hoy textos tan útiles como los del historiador de la ciencia inglés Joseph Needham no estén al alcance del pueblo en general, pues "... muchas de las cosas que el mundo moderno asume como algo poco menos que natural –desde el papel, los relojes mecánicos y la fabricación del acero hasta la porcelana, los arneses para los caballos y la extracción y utilización del petróleo y del gas natural- tienen su origen en China. Durante siglos esos y otros inventos y realizaciones propios del genio científico y técnico de los chinos permanecieron sumidos en el olvido o en la oscuridad de la ignorancia. Por fortuna, en los últimos años se ha empezado a tener una idea clara y precisa de esa formidable inventiva. Ello se debe en gran parte a uno de los esfuerzos intelectuales más notables del siglo: la vasta y original labor de investigación del Dr. Joseph Needham, de la Universidad de Cambridge (R.U.), que ha dedicado más de medio siglo a estudiar la historia de la ciencia y la tecnologías chinas" (Temple, Robert, 1988), (Needham, Joseph, 1984), Varios autores han enfatizado estas ideas: (González García, Matha Inés, et. al., 1997, págs. 49-69), (Fuller, Steve, 2001, págs. 71-98), (Martínez Álvarez,

Fidel, 1999), (Martínez Álvarez, Fidel, 2000), (Figaredo Curiel, Francisco, 2002, págs. 16-41).

**22. Etapas de la institucionalización de la ciencia:** la evolución de la ciencia se puede dividir en:

- **Ciencia amateur (1600-1800).** se caracteriza por que los científicos, regularmente aislados y fuera de las universidades, se dedicaban de manera espontánea a esa actividad, pues tenían otras ocupaciones y tareas, es decir, no eran profesionales de la ciencia. Sus medios fundamentales de comunicación eran los libros y las cartas, así como que se autodenominaban filósofos naturales y no científicos. Sus actividades, salvo excepciones, no tenían relación ni con el gobierno ni con la industria. En esos tiempos se organizaron las primeras asociaciones científicas tales como: la Royal Society de Londres y la Academia de Ciencias de París.
- **Ciencia académica (1800-1940).** en este largo período se establece la actividad el científico como una ocupación profesional orientada a la especialización, expresada en estructuras disciplinares rígidas concentrada en las Universidades, en las cuales se desarrolla una formación investigativa apoyada por fondos públicos, aunque en sus inicios no estaba compulsada por demandas políticas, luego, en los años de las dos guerras mundiales, se le exige a la ciencia y la tecnología responder a los intereses políticos y militares del Estado imperante. No obstante, a ello en las dos terceras partes de la etapa predominó su relativa autonomía (existió cierto espíritu autocrático y sólo en raras ocasiones existía compulsión política para investigar). También quedó como un prejuicio el científicismo basado en la denominada neutralidad ideológica. En las últimas décadas de este período se desarrolló la superación para lograr la excelencia a través del grado científico de Doctor. Además, se le dio un giro a la investigación en función de la producción. A



principios del siglo XX se establece un nuevo paradigma de organización del trabajo (el taylorismo). Además, se desarrolla vertiginosamente el consumismo y la comercialización, fenómenos que incorporaron en la producción las ciencias sociales y en especial la sociología aplicada. Durante la mayor parte de este período histórico se perpetuó el prejuicio de la santificada “búsqueda de la verdad” aparentemente alejada de otros valores e intereses, predominando la ideología cientificista. Con el siglo XX la ciencia comienza a vincularse con la industria (militar predominantemente) y se crean las primeras instituciones estatales para la difusión y desarrollo de la ciencia y la técnica.

- **Ciencia industrial o profesional (1940-hasta hoy).** caracterizan esta etapa los megaproyectos financiados por el Estado y las empresas transnacionales (Big Science), grandes equipos multidisciplinarios, papel especial de los expertos y asesores a nivel de gobierno, creciente burocracia (Toffler, Alvin, 1973/1998, págs. 101-103), que genera estrategias y políticas de gestión de innovación tecnológica. Se establecen en las Universidades políticas de capacitación en gestión de la ciencia y la tecnología inicialmente en facultades de ingeniería y luego en humanidades. Hasta la década de los ochenta predomina el modelo lineal de desarrollo: Ciencia + Tecnología = progreso económico = desarrollo social, fundado en el optimismo ingenuo, perpetuado con los éxitos de la postguerra. De hecho, también se establece el primado del criterio burocrático de expertos en la toma de decisiones, basado en el paradigma difundido por Vannevar Bush, de los famosos Consejos asesores (Núñez Jover, 1999d: 69). Hasta hoy se han consolidado poderosas estructuras burocráticas y las más diversas instituciones científico-tecnológicas y productivas. Por tanto, se manifiestan contradicciones en la selección de las áreas de investigación, pues aunque

regularmente son los científicos los que las definen, en no pocas ocasiones son demandadas por el Estado, los políticos y los magnates de las transnacionales con sus intereses económicos e ideológicos. Las ideas básicas de esta periodización fueron tomadas de diferentes autores: (Rose, H., Rose, S., 1960/1972), (Rose, H., Rose, S., 1980), (Rose, H., Rose, S., 1982), (Woolgar, Steve, 1991, págs. 30-31), (Mitcham Carl, 1995, págs. 15-16), (González García, Matha Inés, et. al., 1996), Núñez Jover, J., 1998b, p. 5-10, 1999d, p. 63-69, 1999e, 47-49.

- 23. Estudios de Género, Ciencia y Tecnología:** se han desarrollado con fuerza desde la década de los años ochenta. El rescate de la presencia de la mujer en la ciencia es el centro de los estudios históricos de género, pero también otras temáticas están siendo privilegiadas. Entre las autoras que más han difundido estas investigaciones se destacan: Keller, E.F., 1983a y b, 1989, 1992, Rossiter, M., 1984, Bleier, R., 1984, 1986, Birke, L., 1986, Harding, S., 1986, 1987a y b, 1991, Rosser, S.V., 1986, Abir-Am, P.G. y D. Outram, 1989, Schiebinger, L., 1989, 1993, Van Verken, M., Hernández Zubizarreta, I., 1989, Haraway, D., 1989, 1991, Jaggar, A.M. y S.R. Bordo, 1989, Merchant, C., 1989, Tuana, N., 1989, Jacobus, M., E. F. Keller y S. Shuttleworth, 1990, Stolke-Heiskanen, V., 1991, Code, L., 1991, Wajcman, J., 1991, Alic, M., 1991, Rose, H., 1994, Hormigón, M., Ausejo, E., 1996, Longino, H.E., 1996, Clair, R., 1996, González García, M.I., et. al., 1996, 1997, Longino, H.E., 1997, Nelson, L.H. y J. Nelson, 1996, Sánchez, A., 2001, Eco, U., 2004, Casado Ruiz de Lóizaga, M.J., 2006, Sobel, D., 2006.
- 24. Modelos y clasificaciones del desarrollo de las teorías científicas:** se han realizado varias clasificaciones y ordenamiento de modelos, concepciones y corrientes sobre la ciencia, especialmente, a partir de la denominada reacción post-empirista. Imre Lakatos clasifica las teorías científicas en cuatro grupos o tendencias de interpretación: 1) inductivismo, 2) convencionalismo, 3) falsacionismo, 4)

metodología de los programas de investigación (Lakatos, 1974: 13-37). La clasificación ya mencionada de Gustavo Bueno, quien considera que han existido cuatro enfoques: 1) descriptonismo, 2) teoreticismo, 3) adecuacionismo, 4) materialismo gnoseológico o circularismo (Bueno, Gustavo, 1992, págs. 61-96), (Bueno, Gustavo, 1993b), (Bueno, Gustavo, 1995a, págs. 19-36) Además, Michel Callon propone una clasificación con sus cuatro Modelos: 1) La ciencia como conocimiento racional, 2) como competición, 3) como práctica socio-cultural, 4) como traducción extendida. A su vez, caracteriza cuatro tendencias dentro del primer Modelo: 1) realistas (Putnam, H., 1978), 2) positivistas (Carnap, H., 1936/1937), 3) pragmatistas (Laudan, L., 1990), 4) relativistas (Feyerabend, Paul K., 1975/1981) En otros momentos de su artículo Michel Callon proporciona ordenamientos muy atinados de varios autores según otras temáticas dentro de los estudios CTS (Callon, Michel, 2001, págs. 29-30) Otros autores han sistematizado varios modelos y teorías sobre el conocimiento científico: Brown, H.I., 1987, (Pérez Ransanz, A.R., Olivé, L. (comp.), 1989), Lowy, M., 1991, Bueno, G., 1992, 1993, Losee, J., 1994, Issa, J., et. al., 1994, López Cerezo, J.A., et. al., 1994a, 1996, 1999a, 1999b, 1999d, 2001, Vessuri, H., 1994, Echevarría, J., 1989, 1995, Mardones, J.M., Ursúa, N., 1995, Follari, R., 2000, Fuller, S., 2001. Martínez Miguélez, M., 1996, 1998b, 2002, 2006, Vázquez Alonso, Á., et. al., 2003.

- 25. Fuentes de la Teoría de la Red de Actores:** de diferentes fuentes han bebido los fundadores de esta teoría, tales como: estructuralismo francés, hermenéutica, pragmatismo, neokantismo, constructivismo y, en menor grado, del marxismo, así como de otros pensadores difíciles de ubicar dentro de alguna escuela o corriente de pensamiento. . Husserl, E., 1913, Bachelard, G., 1934, Fleck, L., 1935, Merton, R., 1938, Dewey, J., 1946, Popper, K.R., 1945,1972, W.V.O. Quine, 1953, Toulmin, S., 1953, Braithwaite, R.B., 1953, Ellul, J., 1954, Polanyi, M., 1958,

Hanson, R., 1958, (Snow, Charles Percy, 1959/1977), Marcson, S., 1960, Kuhn, T., 1962, Putnam, H., 1962, 1987, Kornhauser, W., 1962, Bernal, J.D., 1964, Hanstrom, N.W.O., 1966, Price, D.J., 1967, Cotgrove S & Box, S., 1970, Masterman, M., 1970, (Bourdieu, Pierre, Chamboredon, Jean-Claude, Passeur, Jean-Claude, 1971/1976), Ravenz, J.R., 1971, Crane, D., 1972, Mulkay, M., 1972, Gastón, J., 1973, Granovetter, M.S., 1973, Lakatos, I., 1974, Hesse, M., 1974, Berlin, I., 1974, Althusser, L., 1974 (1985), (Feyerabend, Paul K., 1975/1981), Foucault, M., 1977, (Martínez Álvarez, Fidel, Proenza Rodríguez, Reinaldo, 2010).

- 26. Fundadores y cultores de la Teoría de la Red de Actores:** Harold Garfinkel, 1967 (padre de la Etnometodología), Barnes, B., 1971, 1977, 1979, 1980, 1982, 1986, 1993, 1997, Collins, H.M., 1974, & Pinch, T., 1979, 1985, 1992, Callon, M., 1975, 1981, 1986, 1987, 1997, 2001, Bloor, D., 1976, Deleuze G. y Guattari, F., 1976, Latour, B., 1977, 1979, 1981, 1983, 1987, Woolgar S. (& Latour, B.), 1979, Woolgar, S., 1986, 1991, Shapin, S., 1979, (& Barnes, B.) 1979, 1982, (& Schaffer, S.) 1985, 1992, Mackenzie, D.A., 1981, Knorr-Cetina, K.D., 1981, (& Mulkay, M., 1983), Knorr-Cetina, K.D., 1992, 1999, Harré, 1981, Hacking, I., 1981, 1983, 1992, Lynch, M., 1982, Pickering, A., 1984, 1990, 1992, 1995, Ackermann, R., 1985, Law, J. (& Callon, M. & Rip, A.), 1986a, 1986b, 1991, 1993, Shin, Unchol, 1986, Bijker, W., & Hughes, T.P. & Pinch, T., 1987, Bijker, W., 1991, Batens y Van Bendegem, 1988, Franklin, A., 1986, 1990, 1993, Galison, P., 1987, Gooding, D., 1989, 1990, Gooding, D., et. al., 1989, 1990, Fine, et al., 1991, Longino, 1990, Nicles, 1992, Buchwald, 1993, 1995, Jasanoff, S., et. al., 1995, entre otros. Para profundizar sobre esta teoría se puede consultar: (Martínez Álvarez, Fidel, Proenza Rodríguez, Reinaldo, 2010).

## **27. Ideas generales y principios de la Teoría de la Red de Actores:**

- La tesis central de que la actividad tecno-científica es un multifacético fenómeno social y, por tanto, el conocimiento es socialmente construido.
- La idea de que para comprender la esencia de la producción científica es indispensable realizar un estudio sociológico empírico de las interioridades de la actividad de los científicos en sus laboratorios y demás instituciones, así como revelar sus interacciones con el entorno social (abrir la caja negra de la ciencia).
- Para conocer los verdaderos objetivos, intereses e intenciones de todos los actores, se precisa estudiar la dinámica de las redes (rizomas) de actantes (entes humanos y no humanos).
- El carácter dinámico, interdependiente y auto-constructivo de las estructuras científicas y sociales (formas internas y externas de organización social), así como de los actantes y sus conexiones en redes o rizomas.
- El principio de simetría (monismo), que sugiere “superar las dicotomías” entre naturaleza-sociedad, lo cognitivo - lo social, lo micro - lo macro en el entorno social, así como lo humano - lo no humano. Este principio tiene como base epistemológica un constructivismo relativista, que pretende evitar los enfoques reduccionistas.
- El principio de reflexividad, el cual consiste en la necesaria noción individual, colectiva y social de auto-valoración de la propia actividad de los científicos para considerar sus impactos, tanto beneficiosos como perjudiciales. También se comprende como la autoconsciencia de la necesidad de la aplicación del enfoque o teoría de los científicos a su propia actividad cotidiana e investigativa en su contexto concreto, como vía para su confirmación, validación práctica o auto-refutación y sustitución o mejoramiento (Ibáñez, Jesús. (coord.), 1990), (Navarro, Pablo, 1997).
- El poder manipulador y transformador de la actividad científico-tecnológica.

- En la ciencia se utilizan conceptos y traducciones, que explican los nexos entre los enunciados y los actores (Latour, Bruno, 1983, 1999, Callon, Michel, 2001) y sirven de base metodológica para interpretar los intereses y fines de los actores en contextos científicos y sociales concretos (Barnes, Barry. Bloor, David, 1997)
- El estudio de las controversias científicas y los conflictos sociales, son necesarios para lograr el consenso o acuerdos entre los actores sociales y estos a su vez son indispensables para poder desarrollar de forma duradera a la sociedad.
- Su propuesta metodológica utiliza un grupo de conceptos y procedimientos (puntos de pasos obligatorios) en la dinámica de la red de actores (Martínez Álvarez, Fidel, Proenza Rodríguez, Reinaldo, 2010).

## **28. Estudios concretos de la Teoría de la Red de Actores:**

1. Estudios *sociológicos* de instituciones y fenómenos tecnocientíficos: (laboratorios: Latour, B. y S. Woolgar, 1979, S. Woolgar, 1991, John Law, 1994, enfermedades: Mol, 2002, sistemas de transporte: Latour, B., 1996a, mercados: Callon, M., 1998, fabricación de aviones de combate: Law, J., 2002, relación Tecnociencia – Sociedad: Bijker W & Law, J., 1994, Latour, B., 1996b).
2. Estudios sobre los fundamentos *filosóficos*: (Law J., & Hassard, J., 1999, Callon, M., 2001, Law J., & Mol, A., 2002, Law, J., 2004, Latour, B., 2005).
3. Análisis de los *procesos cognitivos* (Suchman, L., 1987, Hutchins, E., 1995, Latour, B., 2001).
4. Estudios *socio-políticos* (Law, J., 1991, Latour, J., 2004, Latour B. & Weibel, 2005).
5. Estudios *sobre el Arte*: (Hennion, A., 2001, Latour B., & Weibel, 2002).
6. *Metodologías cualitativas etnográficas*: (Callon, M., & Law J. & Rip, 1986, Callon, M. & Courtial, J.P. & Penan, H., 1995, Latour, B. & Mauguin & Teil, 1992 con sus Gráficos socio-técnicos, etc.). Una síntesis sobre estos estudios aparece en: Sánchez-Criado, T., 2006.

- 29. Educación CTS:** (Snow, Charles Percy, 1959/1977), Gallagher, J.J., 1971, Hurd, P.D., 1975, Spiegel-Rosing, I., Price, D., 1977, Rip, A., 1979, Ziman, J., 1980, Holford, D., 1982, (Fensham, P.J., 1985), (Fensham, P.J. (Ed.), 1988a), (Fensham, P.J., 1988b), (Fensham, P.J., 1992 ), (Bauer, H.H., 1990), Acevedo Pineda, E.B., 1992, 1993, 1996, 1994, 1995, 1996, 1998, (Fensham, P.J., Gardner, P.L., 1994), Layton, D., 1994, Mardones, J.M., Ursúa, N., 1995, (Fensham, P.J. (ed.), 1996), (Solomon, J., 1996), Hoyos, G., 1998, (Ursúa, Nicanor, 1999), (Caamaño, A., Vilches, A., 2001), (Martín Gordillo, Mariano, López Cerezo, José Antonio, 2002a), Vázquez Alonso, Á., et. al., 2002, Vilches, A. y C. Furió, 2004, (Acevedo Díaz, J.A., 2005), (Acevedo Pineda, Elsa Beatriz, Núñez Jover, Jorge, 2006). Ya existe una amplia sistematización y endogenización de sus aportes en cuanto a sus fundamentos políticos, éticos y pedagógicos (organizativo-curriculares) preferentemente. Entre otros autores se destacan: Rizo Rabelo, N., Morales, Calatayud, M., 1998, 2001, (Núñez Jover, Jorge, 1999a), (Núñez Jover, Jorge, 1999c), (López Bombino, Luís, 1999b), (Martínez Álvarez, Fidel, 2000), (Martínez Álvarez, Fidel, 2002), (Martínez Álvarez, Fidel, 2004a), Figaredo Curiel, F., 2002, Bosque, J., 2002, Macías Llanes, M.E., 2006a, (Núñez Jover, Jorge; Macías Llanes, María Elena, (comp.), 2008a),(Núñez Jover, Jorge, 2008b), (García Palacios, E.M, González Galbarte, et. al., 2001), (Morales Calatayud, Marianela, 2001), Martínez Ungo, I., 2001, (Figaredo Curiel, Francisco, 2002), Bosque, J., 2002: Matías González, A., 2002, Valdés, P., Valdés, R., 2002, Márquez Lizaro, R., 2005, Macías Llanes, M.E., 2006a, p. 8-19, (Rizo Rabelo, Noemí, 2007). Sin embargo, en cuanto al estudio de los fundamentos epistemológicos de la Educación CTS hay muy pocas contribuciones, por ello uno de los objetivos de este libro se dirige a esta urgente demanda.
- 30. Desactualización de la educación:** (Snow, Charles Percy, 1959/1977), Crane, D., 1972, Bateson, G., 1972, Price,

D.J.S., 1973, 1980, (Toffler, Alvin, 1973/1998), (Bunge, Mario, 1991), (Bunge, Mario, 2004), Max-Neef, M., 1993, Capra, F., 1996, Martínez Miguélez, M., 1996, 1999b, 2001c,d, 2006, 2009, López Cerezo, J.A., 1994a, 1999c, Martínez Álvarez, F., 2000, 2009, (Aguilar Sot, Juan Francisco, 2001), Delgado Díaz, C., 2002a,b,c, 2004a,b,c, 2006, 2009a, 2009b, Diegoli, S., 2003, 2004, Cáceres, C., Cristi, O., 2003, 2007, (González Casanova, Pablo, 2004), Salazar, D., 2004, García Batista, G., 2004, (Woods, Alan, Ted, Grant, 2005), Espina Prieto, M., 2005, 2007, Oliva Figueroa, I., 2006, 2007, 2008.

- 31. Filosofía de la educación:** es una de las denominadas filosofías centradas, a la manera de la Filosofía de la Ciencia y de la Filosofía de la Tecnología. Por la incuestionable necesidad e importancia de estudios filosóficos específicos sobre fenómenos sociales tan complejos como los que son objeto de la educación, de la Ciencia y de la Tecnología, es que tienen tanta legitimidad y reconocimiento sociales estas hibridaciones teóricas. Un análisis muy juicioso y detallado de estas necesarias mixturas e integraciones de saberes aparece en: (Bueno, Gustavo, 1995b) Desde hace medio siglo varios autores han sistematizados sus fundamentos: (Filzpatrick, E.A., 1958), (Lipman, Mathew, 1992), (Fullat, Octavi, 1993), (Osorio, I. y Weinstein, L. (eds.), 1993), (Elizalde, A., 1993), (Zemelman, H., 1993), (Castellanos Simons, Beatriz, 1998a), (López Hurtado, Josefina, 2000), (Blanco Pérez, Antonio, et. al., 2003), (Martínez Llantada, Marta, et. al., 2002), (Viega Fernández, J., 2002), (Delgado Díaz, Carlos, 2002a), (Delgado Díaz, Carlos, 2006b), (Chávez Rodríguez, Justo, 1999), (Chávez Rodríguez, Justo, 2003), (Chávez Rodríguez, Justo, 2008), (Miranda Hernández, Olga, 2004), (Ramos Serpa, Gerardo, 2005), (Soto, María Hilda, 2001), (Muñiz Areces, Ana Ibis, (2008).
- 32. Los peligros de la Ciencia y la Tecnología:** los riesgos, amenazas, crisis, vicios y mitos de la ciencia y la filosofía, han sido criticados y denunciados por varios autores, en



unas épocas más que en otras, especialmente, en tiempos de crisis teóricas, lo cual ha generado agudas polémicas, denominadas de diferentes maneras: guerras en la ciencia, imposturas intelectuales, fraudes, etc. Entre los autores que han tratado esta controvertida temática se destacan: (Snow, Charles, Percy, 1959/1977), (Kuhn, Thomas Samuel, 1962/2000), (Feyerabend, Paul K., 1975/1981), (Feyerabend, Paul K., 1995), (Thuillier, Pierre, 1975), (Thuillier, Pierre, 1977), (Thuillier, Pierre, 1981), (Thuillier, Pierre, 1983), (Thuillier, Pierre, 1990), (Thuillier, Pierre, 1992), (Demo, Pedro, 1985), (Bunge, Mario, 1989), (Bunge, Mario, 1990), (Bunge, Mario, 1991), (Sokal, Alan, 1996), (Sokal, Ala, Bricmont, Jean, 1999), Jurdant, B., 1998, (Follari, Roberto, 2000), (De la Peña, José Antonio, 2001).

- 33. Los nuevos paradigmas en la esfera de la Salud:** hoy en este sector se está presentando una peculiar paradoja teórico-práctica, pues la creciente presencia de alta tecnología en los centros de salud en el país, exige aprovechar los avances epistemológicos y metodológicos que proporciona el enfoque transdisciplinario de la complejidad, indispensable para mejorar la calidad del diagnóstico, la predicción y el tratamiento. Sin embargo, muchos profesionales de esta esfera desconocen las ideas y el lenguaje de la complejidad (lógica borrosa, imaginología fractal, Dinámica no-lineal de fluidos, Topología funcional cualitativa, Autómatas celulares, etc.) que están incorporados en esas tecnologías de punta. De manera que se precisa acelerar el proceso de divulgación de estos estudios, para que los profesionales del sector se apropien de este transdisciplinario enfoque. La literatura disponible en Internet (especialmente en inglés) es muy abundante gracias a las infinitas aplicaciones de los enfoques no lineales que en el mundo se desarrollan en la salud. Desde hace ya tres décadas autores extranjeros, y, más recientemente, autores latinos han enfatizado la necesidad de introducir los nuevos paradigmas en salud, así como de

sus consiguientes aplicaciones: Kushi, M., 1979, Páez, D. et al., 1985, Gleick, J., 1988, Goldberger, A.L., et. al., 1990, Colin, D., Catherine, B., 1990, May, R.M., 1991, Stewart, I., 1991, Álvarez, T.A., 1992, Núñez Jover, J., 1995, Sotolongo Codina, P.L., 1995, 1997, Gadamer, H.G., 1996, Figueroa, P. y H. Fuenzalida, 1996, Acosta Sariego, J., 1997, Andreu, C., De Echave, J., Buela-Casal, G., 1998, Imbert, G., 1998, Fernández-Abascal, E.G. y Palmero, F., 1999, Cruz Oñoz, E., 2000, Martín Gordillo, M., 2000, Martínez Miguélez, M., 2002, Pickett, R.B., Kennedy, M.M., 2003a, b, Prieto, D., 2003, Resik Habib, P., 2003, Ramis Andalia, R., 2004, Ortiz Hernández, E., 2005, Najmánovich, D. y Lennie, V., 2005c, Díaz Mastellari, M., 2003, 2005, 2006, Sterman, J.D., 2006, Toledo Amador, A., Escobar, M.A., Ortiz Hernández, E., 2007, Martínez Álvarez, F., Barranco Pedraza, L., Molina Fuentes, I., 2007c, De Savigny, D., A., Taghreed, 2009.

- 34. Relación Filosofía – Ciencia – Complejidad y la Tradición dialéctica:** esta importante temática ya se está tratando cada vez más desde las perspectivas de los paradigmas emergentes y, especialmente, en un creciente contrapunteo con la Tradición dialéctica. Desde hace algún tiempo ya se están realizando trabajos que revelan los condicionantes históricos y los aspectos más polémicos (semejanzas y diferencias) entre los avances científicos y los presupuestos filosóficos más establecidos. El autor ha elaborado dos trabajos sobre esta controvertida y demandada temática, un artículo y una ponencia sobre los fundamentos filosóficos de la complejidad (Martínez Álvarez, Fidel, 2007a), (Martínez Álvarez, Fidel, 2008c) Otras ideas similares aparecen en: (Morín, Edgar, 1998a, págs. 29-32), (Maldonado, Carlos, Eduardo, et. al., 1999), (Maldonado, Carlos Eduardo, 2007c), (Andrade, Raiza, et. al., 2002), (Najmánovich, Denise, 2002), (Najmánovich, Denise, 2005a), (Najmánovich, Denise, 2007), (Andrade, Raiza, et. al., 2002), (Delgado Díaz, Carlos, 2002a), (Delgado Díaz, Carlos y Sotolongo Codina, Pedro Luís,

2004c), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2003), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2004), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2007b), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2007c), (González Casanova, Pablo, 2004), (Woods, Alan, Ted, Grant, 2005), (Alemany, Ferrán., 2006), (Juarrero, Alicia, 2006), (Juarrero, Alicia, Rubino Carl A., et. al., 2008), entre otros.

- 35. Atractor:** es el conjunto espacial hacia el cual el sistema evoluciona después de un tiempo suficientemente largo. Para que el conjunto sea un atractor, las trayectorias que le sean suficientemente próximas han de permanecer así incluso si son perturbadas. Geométricamente, un atractor puede ser un punto, una curva, una variedad o incluso un conjunto complicado de estructura fractal conocido como atractor extraño. La descripción de atractores de sistemas dinámicos caóticos ha sido uno de los grandes logros de la Teoría del Caos. Los atractores son parte del espacio de fases del sistema dinámico. Hasta los años 60, se creyó que los atractores eran conjuntos geométricos del espacio de fases (puntos, líneas, superficies o volúmenes) y que los conjuntos topológicamente extraños eran frágiles anomalías. Stephen Smale demostró que su mapa de Herradura de caballo (herradura de Smale) era estructuralmente robusta y que su atractor tenía la estructura de un conjunto de Cantor. El punto fijo y el ciclo límite son atractores simples. Cuando los conjuntos son complicados de describir, no es más que un atractor extraño. Entre los autores que más han desarrollado los estudios sobre los atractores están: (Ruelle, David; Taken, Floris, 1971), (Takens, Floris, 1981), (Gleick, James, 1988), (Atlan, Henri, 1990), (Briggs, J. y Peat, F.D., 1990), (Carreras, A., Escorihuela, J. L. y Requejo, A., 1990), (Ruelle, David, 1991), (García Velarde, M., Chacón García, R. y Cuadros Blázquez, F., 1991), (Lewin, Roger, 1992), (Lewin, Roger, 1995), (Hayles, Katherine, 1993), (Hacking, Ian, 1994), (Hacking, Ian, 1995), (Martín, Miguel Ángel, et. al., 1995), (Alonso, A.; De la Fuente, J.R.; et. al., 1996), (Escohotado, A., 2000), (Panyella Roses, Magi, 2002).

- 36. Caos:** desde el pensamiento griego antiguo, se ha contrapuesto directamente al concepto de Cosmos (Orden o Armonía), es decir, se ha asumido como Desorden. Sin embargo, hoy las definiciones científicas de Caos subrayan también otras propiedades que deben poseer los fenómenos para que se les pueda calificar de caóticos. Por ejemplo, se refiere a un determinado régimen del sistema que se expresa como: "... soluciones de sistemas dinámicos no lineales deterministas que oscilan aleatoriamente, con una oscilación irregular y aperiódica, y donde se tiene una gran sensibilidad a las condiciones iniciales, lo que lleva a la imposibilidad de la previsión del comportamiento a grandes tiempos" (Casaubon, J.I., 2001, pág. 9) En verdad, desde varias décadas antes, se había demostrado con ejemplos prácticos el carácter no-lineal y caótico del comportamiento de algunos sistemas, especialmente en la dinámica de los fluidos. Un caso muy ilustrativo es la famosa Ecuación de Navier-Stokes, la cual se refiere a propiedades aparentemente simples de los fluidos, tales como: "... velocidad, presión, densidad y viscosidad, pero son no-lineales. Por ello, resulta a menudo imposible precisar la índole de esas relaciones... es como recorrer un laberinto cuyas paredes cambien de posición a medida que se avanza" (Gleick, James, 1988, pág. 32).
- 37. Principio del orden en el Caos:** es clave, porque constituye una idea rectora que revela la esencia de la Teoría del Caos, que luego sería enfatizada de diferentes maneras por todas las demás teorías y enfoques que revelan la necesidad de una concepción dialéctica sobre el comportamiento de los sistemas complejos. No se debe confundir las nociones de caos y complejidad, pues la primera ha sido una premisa histórica de la segunda. Desde el pensamiento griego antiguo la noción de Caos se ha contrapuesto directamente a la noción de Cosmos, es decir, se ha asumido como Desorden. De las ideas generales expuestas por Edward Lorenz y sus seguidores sobre los sistemas caóticos se han sintetizado esas propiedades que

hoy pueden calificarse de principios. Otras definiciones enfatizan más unas u otras propiedades y principios, pero la mayoría subrayan las seis (6) propiedades referidas en el texto (Navarro Cid, José, 2001, págs. 77-79). En esencia, las ideas de Lorenz se resumen en la tesis de que "... el caos derivado de la dinámica no lineal no es un caos absoluto. De entre la infinidad de soluciones virtualmente posibles, el sistema muestra predilección por un grupo reducido de ellas, es atraído por ellas... los atractores... atraen hacia sí al conjunto de estados posibles, haciendo que el sistema se establezca en torno suyo" (Sanz, Bernardino Esteban, 2002, pág. 2).

- 38. Teorías de Sistemas:** tienen sus antecedentes en las ideas de muchos precursores desde el holismo de la cultura oriental antigua y de la filosofía clásica griega (en especial Aristóteles). Se destacan también algunas concepciones de otros pensadores en la Época Moderna, pero indiscutibles precursores fueron los filósofos Jorge Guillermo Federico Hegel (1770-1831) y Edmund Husserl (1857-1938), quienes desarrollaron desde la perspectiva dialéctica sendas teorías holísticas. A su vez, significativas contribuciones realizó el Marxismo. Las obras de Bertalanffy relacionadas con la TGS son: *An outline of General Systems Theory*. (Bertalanffy, Ludwig Von, 1950), *Teoría general de los sistemas: un nuevo enfoque hacia la unidad de la ciencia*, (Bertalanffy, Ludwig Von, C.G. Hempel, R.E. Bass y H. Jonas, 1951), así como su popular *Teoría General de Sistemas* (Bertalanffy, Ludwig Von, 1968/1976). En trabajos de otros contemporáneos de Bertalanffy se pueden encontrar ideas avanzadas sobre el estudio de los sistemas sociales, por ejemplo en las obras de T. Parsons (1937, 1951), así como en especial, en el ámbito de la Economía política (Pareto, Vilfredo, 1945) De hecho, antes de 1968 cuando todavía la obra de Bertalanffy *Teoría general de los sistemas* no estaba terminada para publicar, dos discípulos suyos Mesarovic y Schwarz realizaron una intensa labor de divulgación de sus ideas. A su vez, otros seguidores de la

TGS han sido: Anatol Rapoport, que la aplica a estudios sociológicos, W. Boguslaw (Los nuevos utopistas, 1965) y W. Churchman (Filosofía y ciencia de los sistemas, 1968) Así también, un especial enriquecedor de la obra de Bertalanffy ha sido Erwin Laszlo, que ha tratado de aplicar la TGS a varias investigaciones inter y transdisciplinarias (Laszlo, Erwin, 1988), (Laszlo, Erwin, 1995) En el último siglo, las ideas de Bertalanffy han tenido muchos más seguidores que detractores. Eso evidencia que la TGS ha demostrado su indiscutible valor metodológico en el proceso de integración del saber, al cual asistimos hoy. De manera que merece especial atención aquellas ideas de Bertalanffy que han sido confirmadas y enriquecidas por otras disciplinas y áreas nuevas del conocimiento.

- 39. Sistema:** se refiere a una entidad relativamente autónoma que, como conjunto de elementos interrelacionados entre sí, deviene en algo más que la simple suma de las partes gracias a la emergencia de propiedades cualitativamente nuevas, que garantizan su identidad, estructura, funcionamiento, sinergia y robustez adaptativa, mediante el equilibrio dinámico con respecto a las micro, medio y macro escalas del entorno (contexto de sistemas y subsistemas) en los que está anidado y con los cuales intercambia sustancia, energía, información y sentido, como premisas para su auto-organización y sostenibilidad. A su vez, para el enriquecimiento de la noción de sistema se precisa reconocer que está conformado por "... un conjunto de partes que: 1) mantienen determinadas relaciones entre sí; 2) que puede ser distinguido dentro del medio circundante (tiene identidad), aunque sus límites con el medio no estén bien definidos o sean difusos; 3) que realiza determinadas funciones propias del conjunto que lo caracteriza, es decir, que las partes por sí solas no pueden realizar esas funciones y, 4) que la realización de dichas funciones le permite al sistema alcanzar determinados objetivos o fines necesarios para su existencia y sobrevivencia" (Franco, Raimundo; Dieterich, Heinz, 1998,

págs. 83-84). Además, se debe tomar en consideración, desde diferentes teorías y concepciones, otros principios, conceptos y propiedades, vinculados directa o indirectamente a ella, entre los cuales están: orden, caos, no linealidad, incertidumbre, inestabilidad, retro-alimentación, criticalidad, ruptura de simetría, estabilidad estructural, estructuras disipativas, red-rizoma, auto-poiesis, auto-referencia, etc. (Bertalanffy, Ludwig Von, 1950), (Bertalanffy, Ludwig Von, C.G. Hempel, R.E. Bass y H. Jonas, 1951), (Bertalanffy, Ludwig Von, 1968/1976), (Bertalanffy, Ludwig Von, 1981), (Cuckley, Walter, 1977), (Haken, Hermann, 1981), (Haken, Hermann, 1983), (Haken, Hermann, 1987), (Maturana, Humberto y Varela, Francisco, 1990), (Gleick, James, 1988), (Van Gigh, J.P., 1987), (Prigogine, Ilya; Nicolis, Grégoire, 1994a), (García Cuadrado, Amparo, 1995), (Capra, 1996) , (Arnold Cathalifaud, Marcelo; Osorio, Francisco, 1998), (Hidalgo Tuñón, Alberto, et. al., 1998), (Herrscher, Enrique G., 2003), (Herrscher, Enrique, 2005a), (Herrscher, Enrique, 2007), (González Casanova, Pablo, 2004), (Francois, Charles, ed., 2004), (Francois, Charles, 2009), entre otros.

- 40. Enfoque sistémico:** es el enfoque que considera global u holísticamente al sistema como un proceso complejo. Tiene un conjunto de principios y conceptos creados por Bertalanffy y desarrollados por sus continuadores. Hoy con cierta frecuencia no se utilizan adecuadamente sus ideas esenciales, incluso se tergiversan. Imposturas de esa naturaleza vulgarizan y retrasan la aplicación de las novedades científicas. Se hace impostergable continuar la vindicación crítica de la obra de Bertalanffy. Como prueba inequívoca de la enorme influencia de las ideas de Bertalanffy y sus seguidores que cultivan el enfoque sistémico hoy existe la International Society for the Systems Science, la cual promueve estudios y aplicaciones en todos ámbitos de la vida social. No obstante, todavía está pendiente una consecuente reinterpretación de la TGS desde los avances epistemológicos de los estudios de la

complejidad. Afortunadamente, en la Habana en el cierre del Evento Complejidad 2010 el Presidente honorífico de la Cátedra de Complejidad de la Habana el Doctor Pedro Luis Sotolongo sostuvo un fructífero intercambio con el Ex-Presidente de la International Society for the Systems Science y Profesor honorífico de la Universidad de Buenos Aires el Doctor Enrique Herrscher, de manera que se ha iniciado un alentador acercamiento entre ambas tradiciones de pensamiento. Para estudiar con más detenimiento el enfoque sistémico se deben consultar los trabajos de: (Bertalanffy, Ludwig Von, 1950), (Bertalanffy, Ludwig Von, C.G. Hempel, R.E. Bass y H. Jonas, 1951), (Bertalanffy, Ludwig Von, 1968/1976), (Bertalanffy, Ludwig Von, 1981), (Forrester, J.W., 1968), (Cuckley, Walter, 1977), (Haken, Hermann, 1981), (Haken, Hermann, 1983), (Haken, Hermann, 1987), (Maturana, Humberto y Varela, Francisco, 1990), (Gleick, James, 1988), (Van Gigch, J.P., 1987), (Prigogine, Ilya; Nicolis, Grégoire, 1994a), (García Cuadrado, Amparo, 1995), (Capra, 1996), (Arnold Cathalifaud, Marcelo; Osorio, Francisco, 1998), (Hidalgo Tuñón, Alberto, et. al., 1998), (Herrscher, Enrique G., 2003), (Herrscher, Enrique, 2005a), (Herrscher, Enrique, 2007), (González Casanova, Pablo, 2004), (Francois, Charles, ed., 2004), (Francois, Charles, 2009), entre otros.

**41. Tipos de sistemas:** es poco conocida la clasificación realizada por Kenneth Ewart Boulding:

- Estructuras estáticas.
- Sistemas dinámicos simples.
- Sistemas cibernéticos de autocontrol (con termostatos, etc.)
- Sistemas abiertos o de estructuras auto-sostenidas.
- Sistemas genéticos de las plantas (con división del trabajo y cooperación de las células)
- Sistemas genéticos animales que procesan información y se auto-organizan.
- Sistemas humanos (lenguaje simbólico, autonomía auto-referente y consciente)



- Sistemas organizacionales (red de actores en contextos socio-culturales concretos)
- Sistemas transcendentales como: futuristas, alternativos, utópicos, virtuales, emergentes, etc. (Boulding, 1974), (González Casanova, Pablo, 2004, págs. 53-55). Desde la concepción de Federico Engels sobre el movimiento se pueden clasificar los sistemas según los niveles de complejidad: mecánico, físico, biológico y social (Engels, Federico, 1979, págs. 1, 8, 20, 41, 47, 49, 200), (Franco, Raimundo; Dieterich, Heinz, 1998, págs. 83-89).

**42. Enfoque gnoseológico de las totalidades:** el filósofo español Gustavo Bueno considera que los avances más notables sobre la construcción de una Teoría sobre Sistemas o sobre las totalidades se han logrado no tanto desde la ciencia (como intentó hacer Bertalanffy), sino desde la filosofía, como enfoque gnoseológico elemento central de su Teoría del Cierre categorial, que por antonomasia se ocupa de la universalidad del saber, como conocimiento de segundo grado, es decir, como conocimiento sobre las regularidades que se pueden generalizar (en síntesis) del saber particular que proporcionan las ciencias. La Filosofía, según Bueno, desde Aristóteles, pasando Kant y llegando a Hegel, tiene como objeto de estudio las propias ciencias y sus sistemas categoriales, que son totalidades. Desde esa perspectiva Bueno hace su propuesta gnoseológica o Teoría holística (según su propia terminología), apoyándose en la rica historia de la filosofía y de la ciencia. En concreto, en su obra realiza una sistemática ejemplificación sobre el uso indistinto de los conceptos de todo y parte en las ciencias naturales y sociales, así como en las matemáticas. Además, utiliza para ello las avanzadas obras de varios científicos que estudian los fenómenos no-lineales en los sistemas dinámicos complejos (Bertalanffy, Prigogine, Mandelbrot, etc.) Sin embargo, lo más interesante de la teoría holística de Gustavo Bueno radica en su exigencia de definir mejor el concepto de Todo, retomando los conceptos aristotélicos de

Holón y Sínonon, así como partiendo de tres postulados básicos para la comprensión de su naturaleza dialéctica:

- Postulado de *corporeidad* (Relación Todo-Holón-Sínonon).
- Postulado de *multiplicidad* (Borrosidad de los límites entre el sistema y el entorno).
- Postulado de *recursividad* (Causa-Efecto y su no linealidad).
- Además, tiene un gran valor metodológico su clasificación, desde el punto de vista lógico-dialéctico, de los *tipos de totalidades*, tales como:
  - Totalidades *distributivas* (unidad *isológica-Holón*) y totalidades *atributivas* (unidad *sinológica-Sínonon*).
  - Totalidades *absolutas* y totalidades *efectivas*.
  - Totalidades *sistáticas* y totalidades *sistemáticas*.
  - Totalidades *homeoméricas* y totalidades *holoméricas*.

La caracterización de todos estos conceptos y su correspondiente ejemplificación en las ciencias aparece en: (Bueno, Gustavo, 1993a, págs. 126-205).

**43. Estudios sobre la Auto-organización:** es evidente que en el último medio siglo han sido muy importantes los avances en la comprensión del proceso de la auto-organización en los sistemas complejos, tanto en sus formas biológica, como social. Por ello, hoy se pueden hacer algunas aproximaciones a los conceptos involucrados con este proceso. Algunos autores destacan más unas propiedades y aspectos que otros, cuando intentan hacer definiciones y aproximaciones teóricas de sistematización. Aunque ya existen algunas definiciones del concepto de auto-organización se puede tomar como punto de partida para esta reflexión la noción de que “la Auto-organización es el proceso de reordenamiento estructural y funcional de los sistemas complejos, a partir de la emergencia de propiedades nuevas, como expresión de su consecuente adaptación a las perturbaciones del entorno. Es un proceso que solo puede ser descrito utilizando un arsenal de principios y conceptos que aún están en incipiente construcción teórica y creciente confirmación práctica”

(Martínez Álvarez, Fidel, 2010a, pág. 19). Entre los autores que más se han destacado en el estudio de este tema, con diferentes matices y grados de aplicabilidad, están: Cannon, W., 1932, Bourdieu, P., 1971, 1984, 1986, 1995, 1996, (Eigen, Manfred, 1971), (Eigen, Manfred; Winkler R., 1975), (Eigen, Manfred; Schuster P., 1979), Bateson, G., 1972, 1979, 1984, 1992, 1993a, b, Maturana, H., Varela, F., 1975, 1980, 1984, 1990, 1994, 1995, 1996, 1997a,b,c, Capra, F., 1975, 1982, 1996, 2002, Haken, H., 1981, 1983, 1987, 2006, Luhmann, N., 1982, 1991, 1992, 1993, 1995a, b, 1996a, b, 1998a, b, 1999a, b, c, d, e, f, g, Giddens, A., 1982, 1987, 1997, 1998, Morin, E., 1983, 1984, 1990, 1999b, Ibáñez, J., 1985, 1988, 1990, 1994, Ulrich, H., Probst, G., 1984, Morgan, G., 1986, Rodríguez, D., 1987, Burian, R. M., Richardson R. C., 1990, Navarro, P., 1990, 1994, 1997, 1998, Dupuy, J. P., 1993, Alberch, P., 1994, Mingers, J., 1994, Prigogine, I., Nicolis, G., 1994, p. 6-15, Bechtel, W., 1994, Von Krogh, Roos, J., 1995, Prusak, L., 1997, Sotolongo Codina, P.L., 1997, 2000, 2002, 2003, 2007a,b,c,d, Goodwin, B., 1998, Torres Nafarrete, J., 1998, Ruiz, A.B, 1998, Mathews, M., White, M., Long, R., 1999, Arnold Cathalifaud, M., Robles, F., 2000a, b, Delgado Díaz, C., 2000b, 2004a, 2009, Navarro Cid, J., 2001, Gibert Galassi, J., Correa, B., 2001, Casaubon, J.I., 2001, Castro Sáez, B., 2001, Sanz, B.E., 2002, Andrade, R., et. al., 2002, Reig Mullor, J., González Carbonell, J.F., 2002, Balbi, J., 2002, Castrodeza, C., 2002, (Mejía Navarrete, Julio, 2002), (Panyella Roses, Magi, 2002), (Vildosola Reyes, Luís, 2003), (Diegoli, Samantha, 2003), (Diegoli, Samantha, 2004), Goldstein, J., 2004, Osorio, F., 2004, (González Casanova, Pablo, 2004), Cornejo Álvarez, A., 2004, Espina Prieto, M., 2005, 2007, León Del Río, Y., 2007, Maldonado, C.E., 2008, (D'Angelo Hernández, Ovidio, 2008), (D'Angelo Hernández, Ovidio, 2009), (D'Angelo Hernández, Ovidio, 2011), García Vergara, M.E., Castellanos Domínguez, O.F. y Monroy Varela, S.E., 2008, Lucas, Ch., 2009, (Francois, Charles, 2009), Martínez Miguélez, M., 2009, Rodríguez Marisy, A., 2009,

(Altshuler, Ernesto, 2009), Pérez, A., 2009, Rodríguez Velasco, C., L., 2009. Correa Iglesias, A., 2009, (Martínez Álvarez, Fidel, 2010a), (Martínez Álvarez, Fidel, 2010d), (González Velasco, 2010).

**44. Auto-poiesis:** desde hace ya algún tiempo en la literatura se puede constatar que muchos autores enfatizan el concepto de auto-poiesis, para describir los diversos procesos de auto-reproducción, auto-referencialidad, autonomía y sostenibilidad de los sistemas complejos, ubicándolo como uno de los conceptos centrales dentro de las reflexiones sobre la auto-organización. Todavía, la madurez epistemológica no ha llegado a un grado suficiente de sistematización que permita distinguir y vincular con rigor metodológico muchos de los conceptos involucrados con los complejos procesos de la auto-organización, sin embargo, ya se reconocen varias propiedades de la auto-poiesis:

- Es un proceso dinámico (propiedad) de la auto-organización de los sistemas complejos, que se caracteriza por la auto-reproducción estructural y funcional del sistema para elevar su robustez adaptativa y perdurabilidad ante los desequilibrios que generan las fluctuaciones internas y las perturbaciones del entorno.
- Es un proceso autónomo del sistema para enfatizar su identidad e influencia sobre el entorno.
- Es auto-referencial, porque utiliza la retroalimentación como base de su proceso de auto-generación, auto-corrección y perfeccionamiento adaptativo, aprovechando las potencialidades y propiedades emergentes que le provee la integración de sus partes en forma de red o rizoma recursivo (estructurado sin jerarquía).
- Es inherente a un sistema operativamente cerrado o clausurado, pues aunque es abierto al intercambio de sustancia, energía, información o sentido con el entorno, mantiene autonomía en el control de los elementos del sistema que los organiza mediante acciones recursivas que

garantizan su constante auto-reflexividad (Navarro, Pablo, 1998).

- Se mantiene en un equilibrio dinámico (orden en el caos) que asegura la renovación de sus estructuras y funcionamiento con arreglo a sus necesidades de adaptación y progreso (Maturana, Humberto y Varela, Francisco, 1990).

En esencia, todas estas propiedades auto-poiéticas de los procesos de auto-organización, propias de los sistemas complejos, consolidan su autonomía, perdurabilidad y sostenibilidad facilitando su desarrollo en el entorno. De aquí el indiscutible valor epistemológico y metodológicos para las ciencias sociales que han alcanzado estos estudios. Además, ideas relacionadas con este y otros conceptos cercanos se pueden encontrar en: Maturana, H., Varela, F., 1975, 1980, 1984, 1990, 1994, 1995, 1996, 1997a,b,c, Luhmann, N., 1982, 1991, 1992, 1993, 1995a, b, 1996a, b, 1998a, b, 1999a, b, c, d, e, f, g, Ulrich, H., Probst, G., 1984, Morgan, G., 1986, Mingers, J., 1994, Von Krogh, Roos, J., 1995, Arnold Cathalifaud, M., Robles, F., 1997, 1998a, b, 2000a, b, Gibert Galassi, J., Correa, B., 2001, (Andrade, Raiza, et. al., 2002, págs. 14-15), (Martínez Álvarez, Fidel, 2010a, pág. 22), (Martínez Álvarez, Fidel, 2010e), entre otros.

**45. Autómatas celulares:** usualmente, las personas creen que un autómatas celular se refiere a un artefacto tecnológico de punta inherente a la robótica, pero es, en verdad, un modelo matemático, es decir, "... un autómatas celular es una cuadrícula rectangular de espacios cuadrados regulares o «célula», parecida a un tablero de ajedrez. Cada célula puede tomar un número diferente de valores y tiene un determinado número de células vecinas que pueden influir sobre este hecho. El patrón o «estado» de toda la cuadrícula cambia en pequeños pasos según un conjunto de «reglas de transición» que se aplican simultáneamente a cada célula. Los autómatas celulares se presumen completamente deterministas, si bien, como veremos, pueden ser introducidos fácilmente en las reglas elementales aleatorias. Estos modelos matemáticos reciben el nombre de

«autómatas», porque fueron inventados originariamente por John Von Neumann para construir máquinas auto-replicas. Si bien tales máquinas no llegaron nunca a ser construidas, Von Neumann demostró de modo abstracto y elegante que ello era posible (Von Neumann, 1966)” (Capra, 1996, pág. 126). Desde los años sesenta varios científicos han utilizado este modelo matemático de redes para estudiar los fenómenos de la vida y el desarrollo social. Las ideas seminales la aportó Stanislaw Ulam (1909-1984), las cuales fueron desarrolladas por John Von Neumann (1903-1957). Luego, sobresalieron los trabajos de Humberto Maturana y Francisco Varela (1975) sobre la célula autopoietica en los procesos de auto-organización en los seres vivos. Seguidamente, otros autores, desde diferentes disciplinas, aplicaron los Autómatas celulares desarrollando modelos y juegos matemáticos al estudio de diferentes sistemas complejos, incluyendo la evolución de poblaciones, los fenómenos económicos y otros de naturaleza social. Stephen Wolfram y sus colaboradores le están dando un sistemático y prometedor impulso a estos estudios. Para conocer nuevos avances y perspectivas de las aplicaciones de los Autómatas celulares en las diferentes esferas de la actividad humana se debe consultar: (Farmer, Doyne, Tomaso, Toffoli, Wolfram, Stephen, 1984), (Gutowitz, Howard (ed.), 1991), (Capra, 1996), (Wolfram, Stephen, 2002), (Ugarte, David, 2009).

- 46. Aplicaciones de las matemáticas no-lineales:** si a finales del siglo pasado las aplicaciones de las herramientas metodológicas de las matemáticas no-lineales estaban todavía en pañales, hoy ya está creciendo exponencialmente su uso en todas las áreas del conocimiento; por ejemplo, en el estudio de los problemas de las industrias, automatización, robótica, dinámica de poblaciones, epidemias, problemas de salud, etc. Desde los años setentas del pasado siglo hasta hoy, entre otros, se destacan los trabajos de: Boulding K., 1974, Zadeh, L.A., 1975, 2005, Esogbue, A.O., 1975, Azorín Poch, F., 1976, 1977, Van

Kampen, N.G., 1981, Gleick, J., 1988, May, R.M., 1991, Stewart, I., 1991, Murray, J.D., 1993, Woodcock, A., Davis, M., 1994, Chatin, G., 1998, 2001, 2002, Kiel, D. & Elliott, E., 2000, Navarro Cid, J., 2001, Cisneros, C., 2001, Aguilar Sot, J.F., 2001, (Wolfram, Stephen, 2002), (Panyella Roses, Magi, 2002), Reig Mullor, J., González Carbonell, J.F., 2002, Bateson, G., 1993, Alonso, A., De la Fuente, J.R., et. al., 1996, Sotolongo Codina, P.L., 1997, 2000, 2007a, Mathews, M., White, M., Long, R., 1999, Hagget, P., 1999, Watts, D.J., 1999, 2004, Kuperman, M., Abramson, G., 2001a, b, c, Kuperman, M., Zanette, D.H., 2002a, b, Kuperman, M., Goncalves, S., 2002, Kuperman, M., Fuentes, M., Kenkre, V., 2003, Martínez Miguélez, M., 2002, Turchin, P., 2003, Barabasi, A.L., 2002, 2003, Vildosola Reyes, L., 2003, Diegoli, S., 2003, 2004, Prieto, D., 2003, Watts, D.J., 2004, Goldstein, J., 2004, Cornejo Álvarez, A., 2004, Ramis Andalia, R., 2004, Yáñez, F.J., 2005, Ortiz Hernández, E., 2005, 2007, Najmánovich, D. y Lennie, V., 2005c, Maldonado, C.E., 2005b, 2008, Crespo Yáñez, F.J., 2005, Toledo A., A., Escobar, M.A., Ortiz Hernández, E., 2005, 2007, Crespo, Odifreddi, P., 2006, D'Angelo Hernández, O., 2006, 2008, Zellini, P., 2007, Kandasamy V., W.B., Smarandache, F., Ilanthenral, K., 2007, Betancourt, J., et. al., 2007, 2008, Ambroso, J.C., 2008, (Altshuler, Ernesto, 2009), Rodríguez De Rivera, J., 2009.

- 47. Estudios de la Complejidad en las Ciencias Sociales y las Humanidades:** en este campo se han elaborado nuevas hibridaciones terminológicas y conceptuales, que todavía son incipientes, para poder explicar desde la Perspectiva de la Complejidad la personalidad, las organizaciones sociales, los procesos de enseñanza-aprendizaje, los sistemas socio-económicos, las artes, etc. Entre los autores que han trabajado en esa dirección están: (Ibáñez, Jesús, 1988), (Ibáñez, Jesús. (coord.), 1990), (Ibáñez, Jesús, 1994), (Maturana, Humberto y Varela, Francisco, 1990), (Maturana, Humberto, 1995), (Maturana, Humberto,

1997a), (Luhmann, Niklas, 1991), (Balandier, Georges, 1993), (Dooley, Kevin, Johnson, Timothy, Bush, David, 1995), (Luhmann, Niklas, 1995a), (Luhmann, Niklas, 1995b), (Luhmann, Niklas, 1998a), (Tsonis, Anastasios A., 1992), (Munné, Frederic, 1993), (Munné, Frederic, 1994), (Munné, Frederic, 1995), (Munné, Frederic, 2000), (Munné Frederic, 2001a), (Munné, Frederic, 2001b), (Lipman, Mathew, 1997), (Navarro, Pablo, 1997), (Torres Nafarrete, Javier, 1998), (Maldonado, Carlos, Eduardo, et. al., 1999), (Maldonado, Carlos Eduardo, (ed.), 2007b), (Maldonado, Carlos Eduardo, 2007c), (Maldonado, Carlos, Eduardo, 2008), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2000), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2003), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2007a), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2007b), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2007c), (Navarro Cid, José, 2001), (González Bravo, Luís, 2002), (Romero Pérez, Clara, 2001), (Romero Pérez, Clara, 2008), (Najmánovich, Denise, 2002), (Najmánovich, Denise, 2005a), (Najmánovich, Denise, 2007), (Diegoli, Samantha, 2003), (Diegoli, Samantha, 2004), (Cornejo Álvarez, Alfonso, 2004), (D'Angelo Hernández, Ovidio, 2005), (D'Angelo Hernández, Ovidio, 2008), (D'Angelo Hernández, Ovidio, 2009), (D'Angelo Hernández, Ovidio, 2011), (Altshuler, Ernesto; et. al., 2006a), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2007a), (León Del Río, Yohanka, 2007), (Rodríguez De Rivera, José, 2008), (Rodríguez De Rivera, José, 2009), (Martínez Álvarez, Fidel, 2010f), (Martínez Álvarez, Fidel, 2011b).

- 48. Sistemas complejos adaptativos:** no todos los sistemas complejos son adaptativos, por tanto, estos son aquellos sistemas dinámicos que se interrelacionan activamente y transforman su entorno. Se pueden caracterizar a través de varias propiedades: 1) no obstante a que regularmente tienen alta sensibilidad a los cambios en sus condiciones iniciales, que 2) su dinámica es caótica y que 3) son no-lineales, 4) presentan tendencia a la auto-organización, así también, 5) su entorno genera perturbaciones que estos sistemas asimilan con fluctuaciones, que amortiguan o



amplifican su impacto, 6) para ello estos sistemas se estructuran en rizomas (redes no jerárquica), son 7) diversos, difusos, fractales, hologramáticos, multifacéticos, singulares, etc., además, están conformado por multitud de 8) agentes (actantes) interdependientes (conectividad), que 9) se retroalimentan sistemáticamente (masa, energía, información y sentido), de lo cual resultan las necesarias y radicales 10) rupturas de simetría y las correspondientes 11) propiedades emergentes, generadoras de 12) los atractores, esas áreas o zonas de fuerzas potenciales tan esenciales para su evolución y auto-organización; además, 13) son capaces de modificarse y de aprender de la experiencia (auto-referentes, auto-reflexivos y auto-reproductores), aprovechando y potenciando 14) su memoria, por lo que otros autores le llaman co-evolutivos o desarrolladores. Es decir, los sistemas complejos co-evolutivos o desarrolladores transforman su entorno y a sí mismo, por lo que adquiere un carácter 15) auto-poético, lo que les permite alcanzar 16) alta robustez adaptativa y sostenibilidad en su desarrollo. Así también, para conocer mejor la futura evolución de este tipo de sistema es necesario realizar análisis de series de tiempo, lo cual permite el seguimiento a corto plazo, lo que proporciona información más relacionada con los detalles, los pequeños cambios y las singularidades del sistema en su relación con el cambiante entorno. Por tanto, el seguimiento de la evolución de cada sistema permite una mejor y más precisa predicción, no exacta, sino probabilística, fundada en el análisis de patrones y tendencias de carácter más flexible y cualitativo. En consecuencia, se hace impostergable comprender la realidad no solo desde esta nueva perspectiva que proporciona el estudio de los sistemas complejos, sino también acelerar el diálogo de saberes, para que se haga más viable la búsqueda transdisciplinaria de nuevas, creativas y más eficaces metodologías para encontrar soluciones a los complejos problemas de hoy. Además, hoy se reconoce que son adaptativos (co-evolutivos o desarrolladores) entidades como: los ecosistemas, el

mercado de valores y las organizaciones humanas, entre otros (Nuño Solinís, Roberto, 2005, pág. 362) De las ideas generales expuestas por Edward Lorenz y sus seguidores sobre los sistemas caóticos se han sintetizado esas propiedades que hoy pueden calificarse de principios. Otras definiciones enfatizan más unas u otras nociones y principios, pero la mayoría subrayan las seis (6) propiedades referidas en el texto Un estudio más nítido sobre cada una de las características de los sistemas caóticos se puede ver en el resumen de (Navarro Cid, José, 2001, págs. 77-79) Además, otras interpretaciones sobre los principios, conceptos y nociones de la complejidad se puede consultar en: (Gleick, James, 1988), (Ruelle, David; Taken, Floris, 1971), (Takens, Floris, 1981), (Waldrop, M., 1992), (Morin, Edgar, 1992), 1994, 1995, 1999, 2008, (Prigogine, Ilya; Nicolis, Grégoire, 1994a), (Prigogine, Ilya, 1994b), (Lewin, Roger, 1992), (Lewin, Roger, 1995), (Hacking, Ian, 1994), (Hacking, Ian, 1995), (Capra, 1996) , (Alonso, A.; De la Fuente, J.R.; et. al., 1996), (Navarro, Pablo, 1997), (Bar-Yam, Yaneer, 1997), (Bar-Yam, Yaneer, 2000), (Maldonado, Carlos, Eduardo, et. al., 1999), 2005b, 2007a y b, 2008, (Aguado Terrón, Juan Miguel, 2001), 2002, 2005, 2006, 2008, (Andrade, Raiza, et. al., 2002), (Martínez Miguélez, Miguel, 2002), (Prieto, Doris, 2003), (Espina Prieto, Mayra, 2005), (Gallopín, Gilberto, 2008), (Martínez Álvarez, Fidel; Ortiz Hernández, Eloy, González Mora, Ania, 2009a), entre otros.

#### **49. Aplicaciones de la lógica borrosa:**

- El Metro en la ciudad japonesa de Sendai que desde 1987 es usado mediante un Sistema de control difuso para mantener los trenes rodando rápidamente a lo largo de la ruta, frenando y acelerando suavemente, deslizándose entre las estaciones, parando con precisión sin perder un solo segundo o sacudir fuertemente a los pasajeros. Hay decenas de Metros que ya lo utilizan.

- Los japoneses comenzaron con la Matsushita, pero hoy proliferan las aspiradoras y las lavadoras que utilizan lógica borrosa. La lavadora evalúan la carga y ajusta por sí misma el detergente necesario, la temperatura del agua y el tipo de ciclo, etc. También, otros equipos como el televisor (Sony fue el primero) que automáticamente ajusta contraste, brillo, y tonalidades de color. También la Mitsubishi la aplicó a elevadores, mejorando la eficiencia en el procedimiento manual. Estas tecnologías de manera creciente se generalizan en la vida.
- En la robótica y la industria automotriz, los autos (Nissan fue pionera) poseen transmisión automática y frenos antibloqueo. Así como otras novedades tecnológicas en los autos que aplican la lógica borrosa.
- En gestores y buscadores interactivos en Internet de búsquedas multivariadas inteligentes.
- También se necesita de la lógica borrosa en sistemas complejos, donde es muy difícil o imposible crear un modelo, como en sistemas industriales controlados por expertos humanos de complejas y continuas entradas y salidas.
- Sistemas que usan observaciones humanas como entradas o como reglas básicas, especialmente, en equipamientos médicos de diagnóstico (de Imaginología), ventilación automática asistida para pacientes, etc.
- Sistemas de incertidumbre en las ciencias sociales relativas al comportamiento humano.

Para un estudio más detallado del origen, evolución, fundamentos y las aplicaciones de la *lógica borrosa* se puede consultar: (Zadeh, Lofti, 1965/1992), (Zadeh, Lofti, 1973a),b, (Zadeh, Lofti, 1973b), (Zadeh, Lofti; Fu, K. S., Tanaka, K., Shimura, M., 1975), (Zadeh, Lofti, 1988), (Zadeh, Lofti, 2005), (Le Faivre, R. A., 1974), (Bezdek, J. G., 1974), (Dunn, J. C., 1974), (Esogbue, A. O., 1975), (Azorín Poch, Francisco, 1976), (Azorín Poch, Francisco, 1977), (Kandel, A., 1974), (Kandel, A. and W.J. Byatt., 1978), (Dubois, D., Prade, H., 1980), (Haack,

Susan, 1991), (Kosko, Bart, 1995), (Prieto Marañón, P., San Luís Costas, C., Sánchez, B.A., 1996), (Andrade, Raiza, et. al., 2002), (Martínez, Miguélez, Miguel, 2001b), (Reig Mullor, Javier, González Carbonell, José Francisco, 2002), (Navarro Cid, José, 2001), (Cisneros, César, 2001), (Rivero Jiménez, Jesús., 2003), (Diegoli, Samantha, 2003), (Diegoli, Samantha, 2004), (Crespo, Yáñez, Francisco Javier, 2005), (Gutiérrez Ríos, Julio, 2005), (Corzo, Y., 2006), (Morillas Raya, A., 2006), (Espín, Rafael, 2006), (Kandasamy, Vasantha, W.B., Smarandache, Florentin, Ilanthenral, K., 2007), (Melnichenko, Grigorii, 2007), (Jurkovič, F., 2007), (Toledo Amador, Arelis, Escobar, M.A., Ortiz Hernández, E., 2007), (Kantrowitz, M., et al., 2008), (Sampedro, Javier, 2008), (Portuondo Padrón, Roberto; Dámera, Martínez, A., 2010).

**50. Filosofía y Sociología de la Ciencia:** Se han producido cambios importantes en ambas áreas de conocimientos. Entre los autores que han contribuido a ello están: Bouveresse, J., 1977, Rivadulla Rodríguez, A., 1986, Brown, H.I., 1987, (Pérez Ransanz, A.R., Olivé, L. (comp.), 1989), Lowy, M., 1991, Bueno, G., 1992, 1993, Losee, J., 1994, Issa, J., et. al., 1994, López Cerezo, J.A., et. al., 1994a, 1996, 1999a, 1999b, 1999d, 2001, Vessuri, H., 1994, Echevarría, J., 1989, 1995, Mardones, J.M., Ursúa, N., 1995, Follari, R., 2000, Fuller, S., 2001. Martínez Miguélez, M., 1996, 1997, 1998b, 2002, 2006, Callon, M., 2001, Maldonado, C.E., 1999, 2005b, 2007a y b, 2008, Gibert Galassi, J., Correa, B., 1999, 2001, Najmánovich, D., 2002, 2005a, Delgado Díaz, C., 2002a,b,c, 2004a,b,c, 2006, Espina Prieto, M., 2005, 2007, (González Casanova, Pablo, 2004), Woods, A., T. Grant, 2005, Sotolongo Codina, P.L., 2003, 2004, 2007a, 2007b y 2007c, Martínez Álvarez, F., et. al., 2008a, 2009a, c.

**51. Noción de complejidad:** a pesar de que existen decenas de definiciones sobre la complejidad, muchos autores pueden estar de acuerdo en que la complejidad: es un conjunto de propiedades que denotan la condiciones de existencia de la realidad, reveladas en el entramado proceso de

interrelaciones entre los sistemas dinámicos y su entorno, constituyendo red-rizomas anidadas en sus micro, media y macro escalas, alejadas del equilibrio y fluctuando en un comportamiento de singular autonomía y cierta estabilidad, pero no-lineal, caótico, azaroso, borroso, fractal, de retroalimentación, etc., gracias a lo cual estos sistemas generan propiedades emergentes, que propician su auto-organización e incremento de su robustez adaptativa, así como la transformación del propio entorno. Entre los autores que más han profundizado al respecto se destacan: (Gleick, James, 1988), (Briggs, J. y Peat, F.D., 1990), (Atlan, Henri, 1990), (Sametband, Moisés José, 1991), (Kauffman, Stuart A., 1992), (Langton, Christopher G., 1992), (Lewin, Roger, 1992), (Lewin, Roger, 1995), (Morin, Edgar, 1992), (Morin, Edgar, 1994a), (Prigogine, Ilya; Nicolis, Grégoire, 1994a), (Munné, Frederic, 1993), (Munné, Frederic, 1994), (Munné, Frederic, 1995), (Clayton, Keith, 1997), (Maldonado, Carlos, Eduardo, et. al., 1999), (Maldonado, Carlos Eduardo, 2007c), (Binder, Philippe, 1999), (González Moena, Sergio, 1999, págs. 55-74), (Le Moigne, Jean-Louis (Comp.), 2000), (Bar-Yam, Yaneer, 2000), (Buarque de Holanda Ferreira, Aurelio, 1999), (Aguado Terrón, Juan Miguel, 2001)(Aguado Terrón, Juan Miguel, Gutiérrez, Juan Antonio, 2002), (Aguado Terrón, Juan Miguel, 2005), (Aguado Terrón, Juan Miguel, 2006), (Aguado Terrón, Juan Miguel, 2008), (Andrade, Raiza, et. al., 2002), (Najmánovich, Denise, 2002), (Diegoli, Samantha, 2003, págs. 14-17), (Ciurana, Emilio Roger, 2003), (CNA Corporation, 2004), (Cornejo Álvarez, Alfonso, 2004), (Altshuler, Ernesto, 2006b), (González Mora, Ania, 2007), (Rodríguez De Rivera, José, 2008), (Gallopín, Gilberto, 2008), (Rodríguez De Rivera, José, 2009), (Martínez Álvarez, Fidel; Ortiz Hernández, Eloy, González Mora, Ania, 2009a).

## ANEXO II

### **Antecedentes de los estudios científicos sobre los fenómenos no lineales**

En el convulso tránsito del siglo XIX al XX aparecieron las avanzadas contribuciones del matemático francés Henri Poincaré (1854-1912), un genio que el positivismo eclipsó y no le dejó convertirse en el necesario faro de la Revolución científica de su tiempo, pues fue el precursor de un nuevo enfoque en la comprensión de los fenómenos naturales: la perspectiva de la no-linealidad, Poincaré realizó importantes y originales aportes matemáticos para el estudio de diversos fenómenos asociados a la no linealidad, que fueron marcando nuevas pautas para el posterior desarrollo de la ciencia, tales como: las ecuaciones diferenciales, la probabilidad, la teoría de las funciones, la topología y otras áreas.

Poincaré destacó también por su desarrollo de las llamadas funciones fuchsianas, y por sus contribuciones a la mecánica analítica. Sus estudios engloban investigaciones sobre la teoría electromagnética de la luz y sobre la electricidad, mecánica de fluidos, transferencia de calor y termodinámica. Fueron muy valiosas las contribuciones de Poincaré, como las del físico holandés Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), para el surgimiento de Teoría de la Relatividad de Albert Einstein. Dos indudables antecedentes en las matemáticas que Poincaré conoció fue la obra de su compatriota Joseph Fourier (1768-

1830) sobre la distribución del calor, así como de los trabajos del genio alemán George Cantor (1845-1918), quien desarrolló las series de Fourier hasta la teoría de los números irracionales. Cantor también formuló la Teoría de conjuntos, sobre la que se basa la matemática moderna, pues introdujo los números infinitos (Ribnikov, 1991; Batard Martínez y Estrada Hernández, 2006: 166).

En sus trabajos de topología sobresalió su conjetura sobre espacios de cinco o más dimensiones. Para Poincaré la topología y los sistemas dinámicos no eran más que dos caras de una misma moneda. De hecho, puede afirmarse que “fue el último gran matemático que aportó imaginación geométrica para tratar de las leyes del movimiento del mundo físico. Fue el primero en darse cuenta de la posibilidad del caos, sus escritos insinuaron una especie de impredecibilidad” (Gleick, 1988: 54).

Concretamente Poincaré desarrolla por primera vez en el campo teórico, la idea del carácter impredecible de la dinámica de algunos sistemas mecánicos, refiriéndose a la solución matemática del problema de los Tres cuerpos celestes (Sol, Tierra y Luna) que interaccionan gravitacionalmente. En esencia, se puede resumir así este genial aporte de Poincaré:

en cualquier sistema idealizado de Dos cuerpos las orbitas son iguales. Pero la ecuación para Tres cuerpos no tiene solución exacta, ya que el efecto adicional del tercer cuerpo se debe sumar a la solución del sistema de dos cuerpos, en una serie de aproximaciones sucesivas, donde cada aproximación es menor que la anterior. Poincaré revelo que el caos, o la potencialidad para el caos, es la esencia misma de un sistema no lineal y la retroalimentación puede magnificar los efectos más pequeños. Así un sistema simple puede estallar en una perturbadora complejidad (Valle Espinosa, 2004; Briggs y Peat, 1990).

Poincaré fue un precursor de la Teoría del Caos, “pues a él le debemos, el tratamiento «geométrico» de las ecuaciones diferenciales, el uso del espacio de las fases y los famosos mapas de Poincaré. Podemos preguntarnos por qué hubo que esperar más de medio siglo para que el caos aparezca. Esto se debe a dos razones. Por un lado a la falta de computadoras y por otro lado al hecho de que haya prevalecido el «programa» de Hamilton y de Hilbert en la física clásica y cuántica, en vez del programa de Poincaré” (Casaubon, 2001: 9-10). Otros autores enfatizan el valor de las ideas avanzadas de Poincaré: (Briggs y Peat, 1990; Cambel, 1993: 22; Cornejo Álvarez, 2004: 6-7).

Estas no son las únicas razones por las cuales las ideas de Poincaré no fueron reconocidas y difundidas en su tiempo. En la base de esa peculiar situación estaba la racionalidad lineal del ideal clásico de la ciencia, fuertemente codificado en las mentes de los contemporáneos de Poincaré, por ello, según Cambel, ese lamentable olvido tiene cuatro causas: “a) La gente no estaba dispuesta a modificar el modelo que permitía interpretar la realidad en base a la mecánica clásica y a la matemática Laplaciana, b) En esa época el interés por el análisis geométrico iba en descenso, c) El sistema planteado por Poincaré trataba de sistemas dinámicos conservativos (sin fricción), no disipativos, que requieren de energía para subsistir, como son de hecho la mayoría de los sistemas con los que tenemos contacto, ya sea animados o inanimados, d) No existían computadoras” (Cambel, 1993: 22).

Aunque los científicos llevaban varios siglos revelando las leyes y regularidades fundamentales de los fenómenos naturales, el mundo académico, a finales del siglo XIX, todavía padecía de “... una ignorancia especial en lo que concierne a los desórdenes de la atmósfera y del mar alborotado, a las fluctuaciones de las poblaciones silvestres de animales y vegetales, y, para abreviar, a las oscilaciones del corazón y del cerebro. La porción irregular de la naturaleza, su parte discontinua y variable, ha sido un rompecabezas a ojos de la ciencia o, peor aún, una monstruosidad” (Gleick, 1988: 11).

Sin embargo, la explicación científica a todos estos fenómenos complejos se fue creando poco a poco, gracias ante



todo, a la creciente integración de las disciplinas. Este proceso se intensificó precisamente con la Revolución científica del cambio de siglo XIX al XX, cuando aparecieron nuevas ideas seminales sobre la concepción dinámica no-lineal de la realidad. De hecho, estas nuevas ideas comenzaban a ser menos especulativas, pues ya aparecían más confirmadas (aterrizadas) en la práctica científica particular. Sin embargo, estas ideas solo se pudieron difundir luego que se librara una dura lucha contra la hegemonía del reduccionista ideal de la racionalidad moderna, consolidado primero por el positivismo y perpetuado luego por el neopositivismo, ideal este que se basaba, entre otros presupuestos, en la causalidad lineal, el determinismo y el desmedido optimismo en el supuesto control y dominio de la naturaleza por el hombre.

Las ideas y predicciones fundacionales de Darwin, Boltzmann y Poincaré, no obstante a los esfuerzos del neopositivismo por ignorarlas u opacarlas, fueron desarrolladas por muchos investigadores de diferentes países, quienes comenzaron a estudiar profundamente el comportamiento complejo de los fenómenos y sistemas más diversos y cotidianos de la realidad. En Europa en general, así como en los antiguos países socialistas en particular, se realizaron también esfuerzos muy significativos en cuanto al estudio de la naturaleza no-lineal y caótica de la realidad. Muchos han sido los que han aportado alguna idea, concepto o descubrimiento importante para el estudio de los fenómenos no lineales entre ellos se han destacado: Alexander Lyapunov (1857-1918), Sophia Kovaleskaya (1850-1891), Niels Helge von Koch (1870-1924), Wilhelm Ostwald (1853-1932), Waclaw Sierpinski (1862-1969), John William Strutt Rayleigh (1842-1919), Alexander Bogdanov (Manilovski, A.A. 1873-1928), Leonid Isaakovich Mandelstam (1879-1944) y N. D. Papalexi, Aleksandr Aleksandrovich Andronov (1901-1952), Albert Einstein (1879-1955), Max Planck (1858-1947), Wolfgang Pauli (1900-1958), Balthasar Van der Pol (1889-1959), Erwin Schrödinger (1887-1961), Niels Bohr (1885-1962), Werner Karl Heisenberg (1901-1976), Paul Dirac (1902-1984), Louis D'Broglie (1892-1987), Lev Semyonovich Pontryagin (1908-1988), Enrico Fermi (1901-

1954), Stanislaw Ulam (1909-1984), Berklund Hopffa, Korteveg de Vries, Gordon, Hamilton, Rossby, Bunemann, Alfverm, Kelvin, Helmholtz, Jojlov, Zabolovski, Kuznetsov, Liesegang, Onsager, Katchalky, entre otros.

En concreto, varios han sido los descubrimientos, ecuaciones, modelos, exponentes, índices, etc., de fenómenos físicos, químicos y biológicos que han recibido el nombre de sus creadores. Para solo citar algunos: Exponente de Lyapunov, Oscilador Van der Pol, Ecuaciones de Korteveg de Vries, Modelo de Fermi-Ulam, Ondas de Rossby, etc. Para profundizar en esta historia consultar los trabajos de: (Gorelik, George, 1975), (Aleksandrov, A.D., Kolmogorov, A. N., Laurentiev, M. A., 1981), (Mattessich, Richard, 1983-1984), (Gleick, James, 1988), (Kulakov, A., Rumiantsev, A., 1988), (Prigogine, Ilya; Nicolis, Grégoire, 1994a), (Capra, 1996), (Salazar Domínguez, Carlos, 1997), (Bissel, Chris, 2001). Además, en nuestra área geográfica ya están apareciendo trabajos en esa dirección: (Maldonado, Carlos, Eduardo, et. al., 1999), (Najmánovich, Denise, 2002), (Delgado Díaz, Carlos, 2002a), (González Casanova, Pablo, 2004), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2003), (Martínez Álvarez, Fidel; Ortiz Hernández, Eloy, González Mora, Ania, 2009a).



## ANEXO III

### **El constructivismo radical**

Otros estudiosos de la emergente epistemología de la complejidad son Heinz Von Foerster y Ernst von Glasersfeld, físico-matemáticos austriacos, que aportan las controvertidas ideas de su constructivismo radical. En verdad, el nacimiento de esta perspectiva está relacionado con la construcción de artefactos bélicos basados en la Cibernética. Esta "... comenzó a ocuparse de los sistemas vivos y sociales, los cuales tiene la nueva propiedad de auto-organizarse a sí mismos sin necesidad de instrucciones previas. Esto marcó un viraje revolucionario en la comprensión de los sistemas complejos en general y en el desarrollo de la propia Cibernética, pues se produce una ruptura con la epistemología tradicional, la cual observaba el sistema desde el fuera, en lugar de hacerlo desde dentro. Con este viraje aparece la Cibernética de Segundo Orden, la cual desarrolla una epistemología para la que la observación es un proceso mediado y dependiente del observador" (Pakman, 1996: 22). En esencia, esto quiere decir, que se logró aplicar el pensamiento Cibernético al propio proceso cibernético como fundamento de lo que hoy se denomina sistemas observantes (Von Foerster, 1996: 92).

Entre los antecedentes del constructivismo se destaca el intuicionismo de los matemáticos alemán Leopold Kronecker (1823-1891) y holandés Luitzen Egbertus Jan Brouwer (1881-

1966), quienes enfatizaron el carácter construido (idealizado y modelado) del propio objeto de las matemáticas. Ya en el siglo XX fueron partidarios de esta corriente lógico-matemática Paul Lorenzen y A. Markov, así como los intuicionistas: Hermann Weyl (1885-1955).

Por otro lado, el constructivismo se expresó claramente en el Arte, en las obras del movimiento estético iniciado en Rusia hacia 1919 por Tatlin y Rodchenko. Mientras que en Psicología y Pedagogía Jean Piaget y L.S. Vigotski han sido, desde los años 30, unos de sus mayores cultivadores, aportando sus enfoques genético e histórico-cultural sobre el conocimiento y su aprendizaje, respectivamente. También comparten y enriquecen ideas constructivistas Edmundo Husserl, 1913, Gastón Bachelard, 1934, John Dewey, 1946, Michael Polanyi, 1958, M. Merleau-Ponty, 1975, 1976, 1979, P. Watzlawick, et. al., 1984a, 1984b, 1994, 1995, D. Gooding, Trevor Pinch y S. Schaffer, 1989a, Gregory Bateson, 1984, 1992, 1993, entre otros.

En las últimas décadas los fundamentos epistemológicos del constructivismo han tenido una bifurcación hacia dos tendencias: una radical y otra más moderada, las cuales enfatizan, con diferentes matices, la naturaleza social-construida del conocimiento científico. Por ejemplo, Von Foerster y sus colegas enarbolan varias ideas:

El conocimiento no se recibe pasivamente, ni a través de los sentidos, ni por medio de la comunicación, sino que es construido activamente por el sujeto.

La función de la cognición no solo es adaptativa, sirve a la organización del mundo experimental del sujeto, que no se ocupa del descubrimiento de una realidad ontológica objetiva.

Además, sugieren que se puede encontrar orden a partir del ruido en los estudios auto-referenciales de segundo orden, coincidiendo con las ideas de otros estudiosos de la Teoría de la información y de la Cibernética.

A finales de los noventas Von Foerster recurre a la dialéctica paradójica de los silogismos griegos antiguos, a la dialéctica hegeliana (algo no confesado por él) y al pensamiento constructivista matemático de los siglos XIX y XX, así como a Bertrand Russell, Jean Piaget, Gregory Bateson, Ludwig

Wittgenstein (el segundo), etc. Fundiendo todas estas perspectivas toma prestado, muchas veces sin reconocerlo, y formula las siguientes ideas y/o principios:

La idea del conocimiento como construcción social y no solo como descubrimiento de algo fuera de nosotros (Ver Notas sobre: Explicación y Comprensión, Teoría de la Red de Actores, hermenéutica y constructivismo).

El principio de la reflexividad como estudio inmediato de uno mismo.

La crítica a los principios de causalidad y objetividad.

El principio de la auto-reproducción como causalidad circular, el cual ejemplifica con la naturaleza ondulatoria de los electrones, revelada en los experimentos de Louis de Broglie (1905).

Fundamenta la paradoja de la existencia simultánea de la exclusión y la presuposición de los contrarios (no reconoce los antecedentes de esta paradoja en la tradición dialéctica: Heráclito, Zenón, Aristóteles, Hegel, Marx, entre otros) Utiliza para ello la tesis de Russell de que “el conjunto de todos los conjuntos no se contiene a sí mismo” y pone el ejemplo del Barbero en el pueblo en que pela a todos (incluido él) y a la vez no puede pelarse a sí mismo.

El principio de auto-referencia que lo explica a través de los valores de eigen (de sí mismo).

El principio de la codificación indiferenciada, que se refiere al hecho de que la actividad de una célula nerviosa codifica sólo la intensidad de la perturbación, y no la naturaleza del agente físico que la produjo, de manera que el registro que se hace no es propiamente de la naturaleza del fenómeno, sino de la naturaleza de las interacciones del sujeto con el fenómeno. Es decir que algunas propiedades que se suponía que radicaban en las cosas, de hecho radican en el observador. Von Foerster se apoya en los estudios de Henri Poincaré sobre la naturaleza transfigurada (simulación o modificación de la imagen recibida) de la visión de los ojos en paralelo (Von Foerster, H., 1990, 1991, 1994, 1996, 1998, Von Glaserfeld, 1995a, 1995b).

Sin embargo, vale hacer aquí una salvedad, cuando este constructivismo radical como Cibernética o de segundo orden

dice romper de plano con la noción clásica de la relación sujeto – objeto, se evidencia un exagerado giro hacia el neo-kantismo que sobreestima el carácter activo del sujeto y desconoce la existencia objetiva de los fenómenos. Precisamente, es en este punto donde las premisas filosóficas de este tipo de constructivismo tienen una fuerte sobredosis de subjetivismo. En este mismo espíritu se afirma, con la euforia constructivista, que: “la insostenible y clásica relación sujeto y objeto del conocimiento... ya no se afirma tan enfáticamente, en cuanto, se asume que nada está dado gratuitamente al conocimiento, y más aún, la ciencia es una construcción eidética. Sin el cuerpo de ideas, de teorías e hipótesis no es posible la concepción del objeto. El objeto es parte indisoluble de la teoría, del cuerpo de ideas que le dan un sentido” (Pradenas, 1998: 7) Como antídoto para esta desmedida interpretación filosófico-subjetivista del proceso del conocimiento (ya esclarecida, primero, por Hegel en su crítica a Kant y luego por Lenin en su refriega contra el empiriocriticismo), pueden servir las siguientes ideas del prestigioso semiólogo Umberto Eco, quien sentencia que: “Una tendencia muy peligrosa de los últimos años es la de afirmar que como todo se puede interpretar, no existen los hechos de por sí... Hay que tener en cuenta que a pesar de la interpretación, un núcleo duro queda siempre en el hecho, y pertenece a él” (Eco, Umberto, 1998, pág. 1). La objetividad no desaparece en la dialéctica perspectiva que incorpora la reflexión más atinada del constructivismo y la hermenéutica, sino que se comprende como objetivación, proceso este que supone el carácter dinámico de la realidad y la creatividad del sujeto. Por ello, es que tiene sentido decir que es preferible usar términos que terminen en “ción” que en “idad”, es decir, es más atinado hablar de objetivación que de objetividad, pues la verdad no se descubre, sino que “... la verdad se construye poco a poco en y por la historia y por el hombre a través de la historia” (Ardoino, 1997: 10).

A pesar de ese desliz subjetivista, que pretende desconocer o borrar de un plumazo la relación dialéctica entre el sujeto y el objeto, es muy interesante como se produjo una simbiosis muy fructífera entre la Cibernética y la Teoría General de Sistemas

(Pakman, M, 1996, p. 21-22), ya que logró vincular la idea de los sistemas abiertos desarrollada por Ludwig Von Bertalanffy, Ilya Prigogine y otros, con la noción de sistemas auto-referenciales de la nueva Cibernética (Luhmann, N., 1991, p. 27). Hoy se reconoce que existen interesantes aplicaciones de estas ideas y principios constructivistas en el estudio de los sistemas sociales, pues “La cibernética de segundo orden de Heinz von Foerster y el Álgebra monovalente del británico George Spencer Brown son una de las decisiones conceptuales previas de Niklas Luhmann. Foerster recupera la noción del cálculo matemático como una operación capaz de realizar distinciones... La observación debe ser entendida como una operación mediante la cual un sistema es capaz de distinguir e indicar... El sistema es un observador que opera distinciones, esto es descripciones, y autogenera su propio ambiente,... el sistema es un constructor de realidades de segundo orden (producto de observaciones de observaciones)” (Berthier, 2002, citado por León Del Río, 2007: 62-63).

Desde la perspectiva constructivista “los sistemas autorreferentes especifican la selección de determinados rasgos del entorno y la desconsideración inconsciente del resto.” (Bateson, 1992: 42-46; Sanz, 2002: 2-3).

Estas ideas tienen un significado muy especial para el desarrollo futuro de la sociología, pero sus aplicaciones aún están en pañales, pues las tesis constructivistas (con sus aciertos y exageraciones) todavía hoy entran en contradicción con otros estudios sobre la auto-organización social. Por tanto, urgen nuevos desarrollos que confirmen la validez de las tesis constructivistas, especialmente, la referente a la manera en que se expresa el denominado papel del sujeto en la construcción del conocimiento, la cual ha tenido una clara bifurcación, expresada en el relativismo extremo que enfatiza la primacía del sujeto sobre el objeto (desconociendo la causalidad y la objetividad de la realidad), así como manifestada en su interpretación más moderada que reconoce la dialéctica entre ambos momentos del proceso del conocimiento, es decir: relación sujeto – objeto y sujeto – sujeto: intersubjetividad y omnijetividad (Ardoino, 1997). En fin, la polémica entre la comprensión clásica de la



relación sujeto – objeto y la postura constructivista al respecto hoy sigue en pie y todavía falta arrojar muchas luz a esta controvertida interrogante filosófica que lejos de agotarse cobra más vigencia en las nuevas circunstancias en las que se está produciendo el conocimiento científico. Urge no solo el retorno a la reinterpretación del pensamiento clásico al respecto, sino también la atinada incorporación de los avances recientes en neurociencias, lógica borrosa, inteligencia artificial y otras híbridas áreas de integración inter y transdisciplinaria.

Así también, en el centro de los debates constructivistas se encuentra el concepto de causalidad, que desde hace ya algunas décadas, también ha sido revolucionado en el orden epistemológico y confirmado por la ciencia en procesos complejos concretos, algo que ha estado enriqueciendo su concepción dialéctica (Hegel, Marx, Engels y Lenin sentaron sus bases gnoseológicas revelando la relación dialéctica entre: causa, necesidad, efecto, casualidad, mediación, devenir, concatenación universal, etc.). Entre muchos científicos ya se está enraizando la idea de lograr una superación cualitativa de este concepto en base a la negación de la negación (aunque usualmente no se reconozca su espíritu hegeliano y marxista). La visión lineal clásica de la causalidad se ha criticado y enriquecido a la vez con la comprensión y la demostración del papel de la retroalimentación en la relación causa – efecto en los sistemas dinámicos complejos. La no-linealidad es un atributo esencial de estos sistemas, los cuales abundan más en la realidad que lo que usualmente se creía.

La siguiente referencia hace gala de esta espontánea posición dialéctica de los intérpretes de la nueva Revolución del Saber: “La mesa de billar newtoniana está siendo actualmente apartada a un rincón de la sala de juego cósmica. Se considera la causalidad mecanicista como un caso especial aplicable a algunos fenómenos, pero no a todos, y estudiosos y científicos del mundo entero están elaborando una nueva concepción del cambio y la Causación más acorde con nuestras concepciones, rápidamente cambiantes, de naturaleza, evolución y progreso, de tiempo, espacio y materia. El epistemólogo de origen japonés Magoroh Maruyama, el sociólogo francés Edgar Morin, teóricos

de la información como Stafford Beer y Henri Laborit y muchos otros están proporcionando pistas de cómo actúa la causación en sistemas no mecánicos, que viven, mueren, se desarrollan y experimentan evolución y revolución. El Premio Nobel belga Ilya Prigogine nos ofrece una sorprendente síntesis de las ideas de orden y caos, azar y necesidad, y de cómo se relacionan con la causación” (Toffler, 1980: 200). Además, sobre causalidad se puede consultar: Aristóteles, 1975, 2005a, b, Hegel, J.G.F., Marx, C., 1973, Engels, F., 1975, 1979, (Maruyama, Magoroh, 1963), Forman, P., 1984, Boya, L. J., Carreras, A. y Escorihuela, J. L., 1990, Prigogine, I., Nicolis, G., 1994a, Luhmann, N., 1999e, Resik Habib, P., 2003, Ramis Andalia, R., 2004, (Juarrero, Alicia, 2006), (Juarrero, Alicia, Rubino Carl A., et al., 2008).

En este mismo espíritu se destacan otros investigadores que tributan a esa renovada concepción dialéctica de la causalidad, la cual constituye una de las tesis centrales de los fundamentos epistemológicos de lo que Toffler llama Tercera Ola. En el libro Razón y Revolución de los marxistas ingleses Alan Woods y Ted Grant (2005, p. 85-110) se desarrolla un detallado análisis de las implicaciones filosóficas de las nuevas concepciones científicas sobre la causalidad, en especial, sobre su interpretación desde los estudios de la complejidad. En la última década la perspectiva constructivista tiene muchos matices en la interpretación de la relación sujeto – objeto. Por ello, se sugiere consultar los trabajos no solo de autores de esa perspectiva, sino también de otras corrientes de pensamiento que polemizan sobre la relación sujeto - objeto: Husserl, E., 1913, Vigotski, L.S., 1931, 1934, 1984, 1995, Bachelard, B., 1934, Dewey, J., 1946, Polanyi, M., 1958, Piaget, J., 1965, 1975, (Piaget, Jean, 1978), 1981, 1990, 1991, 1995, Merleau-Ponty, M., 1975, 1976, 1979, Watzlawick, P., et. al., 1984a, 1984b, 1994, 1995, Gooding, D., Pinch T., Schaffer, S., 1989a, Bateson, G., 1984, 1992, 1993, Maturana, H. y Varela, F., 1984, 1990, 1992, 1995, 1996a, 1997b, Von Foerster, H., 1990, 1991, 1994, 1998, Luhmann, N., 1991, 1999b, c, Von Glaserfeld, E., 1995a,b, Valera Alonso, O., 1995, Pakman, M., 1996, González Rey, F., 1997, Jiménez, C., 1997, Rivas Hurtado, P., 1997,

Santibáñez, D., 1997, Arnold Cathalifaud, M., 1997, 1998a, 2000, Zilberstein Toruncha, J., 1997, 1999, Eco, U., 1998, Torres Nafarrete, J., 1998, Pradenas, A., 1998, Toledo Nickels, U., 1998, Villarroel Muñoz, F., 1998, Rozo, J., 1999, Sanz, B.E., 2002, Andrade, R., et. al., 2002, Vázquez Alonso, Á., et. al., 2003, León Del Río, Y., 2007, Ortega, D., 2008, Páramo, P., y Otálvaro, G., 2008. Tanto los cultores de la Teoría de la Red de Actores como de la hermenéutica se pueden catalogar, no obstante a sus matices, de constructivistas.

## ANEXO IV

# Epistemología de la complejidad: principios, conceptos y métodos

### 1. Principios, ideas rectoras, nociones y conceptos:

Adaptación (Charles Darwin).	Aleatoriedad.	Alta sensibilidad a los cambios iniciales
Amortiguación.	Amplificación (Lorenz, Prigogine).	Anidamiento.
Antagonismo.	Aperiódicidad.	Armonía.
Artificialidad (Laszlo, Hayles).	Atractores extraños.	Auto-afinidad.
Auto-consistencia.	Autómatas celulares (Wolfram).	Autonomía.
Auto-organización (Kant, Haken, Prigogine, Maturana).	Auto-poiesis (Maturana, Varela).	Auto-referencia (Von Foerster).
Auto-reproducción (Maturana).	Auto-semejanza (Mandelbrot).	Auto-similitud.
Bifurcaciones (Lorenz, Feigenbaum).	Bootstrap (*) Chew.	Borrosidad (Zadeh, Munné).
Bucle retroactivo (Morin).	Caos: en su borde o frontera (Lorenz y Munné).	Catástrofes (Thom).
Catastrofismo (Federico Munné).	Ciclos límites.	Coherencia.
Complejidad (Gell-man).	Complementariedad.	Comunicación.
Concatenación universal (Hegel).	Conectividad (Bateson).	Comensurabilidad (Maturana y Varela).
Constreñimiento o	Convergencia.	Correlación (Bohm).

restricción posibilitante.		
Corrimiento de la frecuencia de resonancia.	Criticalidad (Back, Kauffman, Wolfram, Solé).	Desarrollo (Hegel).
Desorden.	Dimensión fractal (Mandelbrot).	Dinámica compleja.
Discontinuidad.	Divergencia exponencial de las trayectorias.	Emergencia (Haken, Maturana y Varela).
Entropía.	Equilibrio.	Escalado.
Espacios de fase.	Estabilidad.	Estocasticidad.
Estructuras termodinámicas disipativas (Bénard, Prigogine).	Evolución (Darwin).	Fenómenos críticos.
Fluctuaciones.	Flujicidad.	Fractalidad (Mandelbrot, Munné).
Frentes de ondas no lineales.	Histéresis.	Holístico.
Hologramático (Mandelbrot, Morin).	Homeostasis.	Imaginación.
Impredecibilidad	Incertidumbre (Heisenberg).	inclusión borrosa (Bohm, Kosko, Morin)
Indeterminación (Hegel, Heisenberg)	incommensurabilidad	Inestabilidad
Información	Intuición	Lagunaridad.
Meta-dimensionalidad (Kaku).	Modulación de ondas no lineales.	Morfogénesis (Sheldrake).
Neguentropía,	No-linealidad (Lorenz).	Omnijetividad (Sujeto – objeto – Sujeto de Izquierdo y Maturana).
Ondas de choque.	Ondas solitarias.	Orden.
Organización.	Oscilaciones auto-sostenidas.	Oscilaciones irregulares.
Oscilaciones no lineales.	Paradoja.	Pauta o Patrón (Pitagóricos, Bateson y René Thom).
Perturbaciones.	Plegabilidad (Bohm).	Ramificación.
Recursividad (Briggs, Horfstadter, Morin).	Red.	Redundancia.
Reflexividad (Barnes, Latour).	Resonancia (Sheldrake, Morin, Bateson).	Retratos de fases.
Retroalimentación (Shannon, Weber, Bateson, Von Neumann).	Rizoma (Deleuze, Guattari).	Robustez adaptativa.
Ruido.	Ruptura de simetría.	Salto de frecuencia.
Salto de magnitud.	Series de tiempo.	Simetría.
Sinergia (Haken, Eigen).	Singularidad (Prigogine, Gell-man).	Sistema conservativo.
Sistemas dinámicos complejos.	Sistema evolutivo.	Solitones.

Subarmónicos.	Transitividad topológica.	Turbulencia.
Ubicuidad.	Universalidad del Orden en el Caos (Feigenbaum).	Vórtices solitones.

Esta cartografía de conceptos utiliza la propuesta de (Andrade, Raiza et. al., 2002: 4-10, 45-47), la cual ha sido enriquecida en todo el texto de la tesis. Entre los estudiosos de la complejidad no hay consenso, algo muy natural en esta fase de maduración teórica, sobre las diferencias entre las ideas rectores, principios, nociones, conceptos y propiedades. Por ello esta diversidad de términos hace que se confundan, complementen y hasta que utilicen indistintamente. De hecho es muy evidente que todavía la o las epistemología de la complejidad, en sus tres dimensiones como: Pensamiento (cosmovisión), Ciencia y Métodos de aplicación, está en incipiente construcción. Las generalizaciones filosóficas y epistemológicas están todavía en pañales, se necesita de un trabajo transdisciplinario sistemático y sostenido para lograr hacer que las teorías, enfoques y métodos maduren y sean cada vez más aplicados y validados en y por la práctica académica y social. Además, los nombres que aparecen entre paréntesis solo refieren a quienes han introducido o enriquecido el término y el concepto. Colocarlos allí siempre es muy riesgoso, pues otros nombres pudieran ser más representativos, por lo que debiera completarse y enriquecerse mucho más. Sin embargo, aquí el interés es más bien didáctico y para ello se ha tomado y ampliado varios intentos de sistematización de la epistemología de la complejidad. Entre los autores que han logrado cierta sistematización, cartografías o glosarios de términos, nociones, principios y conceptos se destacan: (Gleick, James, 1988), (Atlan, Henri, 1990), (Sametband, Moisés José, 1991), (Morin, Edgar, 1994a), (Prigogine, Ilya; Nicolis, Grégoire, 1994a), (Munné, Frederic, 1994), (Munné, Frederic, 2000), (Clayton, Keith, 1997), (Bar-Yam, Yaneer, 1997), (Bar-Yam, Yaneer, 2000), (González Moena, Sergio (Comp.), 1997), (González Moena, Sergio, 1999), (Maldonado, Carlos, Eduardo, et. al., 1999), (Maldonado, Carlos Eduardo, 2007c), (Le Moigne, Jean-Louis (Comp.), 2000), (Aguado Terrón, Juan Miguel, 2001), (Aguado Terrón,

Juan Miguel, Gutiérrez, Juan Antonio, 2002), (Aguado Terrón, Juan Miguel, 2008), (Andrade, Raiza, et. al., 2002), (Najmánovich, Denise, 2002), (Ciurana, Emilio Roger, 2003), (CNA Corporation, 2004), (Cornejo Álvarez, Alfonso, 2004), (González Mora, Ania, 2007), (Rodríguez De Rivera, José, 2008), (Rodríguez De Rivera, José, 2009), (Martínez Álvarez, Fidel; Ortiz Hernández, Eloy, González Mora, Ania, 2009a).

## **2. Métodos, técnicas y procedimientos científicos no-lineales**

- Análisis topológicos cualitativos.
- Programas de control borroso.
- Ecuaciones y transformadas para el estudio de dinámicas no-lineales.
- Estudios de los espacios y retratos de fases de los atractores en sistemas dinámicos complejos.
- Análisis no lineales de redes Bayesianas y de Markov.
- Metodologías de Autómatas Celulares.
- Imaginología fractal cualitativa.
- Modelos de redes neuronales.
- Programación basada en Agentes.
- Software, Programas y modelos de Inteligencia Artificial que simulan los procesos dinámicos no-lineales.
- Las metodologías multivariadas y probabilísticas de la Estadística no lineal, específicas de cada teoría que integran los análisis cuantitativos y cualitativos.
- Modelos y análisis no lineales de series de tiempo en fenómenos biomédicos, epidemiológicos, poblacionales y organizacionales.
- Modelos, índices, exponentes y dimensiones que registran y explican el comportamiento complejo, que han recibido el nombre de sus creadores. Para solo citar algunos: Exponente de Lyapunov, Ecuación de Verhulst, Oscilador Van der Pol, Ecuaciones de Korteveg de Vries, Modelo de Fermi-Ulam, Ondas de Rossby, etc. Para profundizar en el estudio de

*algunos nuevos métodos y técnicas científicas no lineales* consultar (Kosko, Bart, 1995), (Arnold Cathalifaud, Marcelo, 1999b), (Navarro Cid, José, 2001), (Panyella Roses, Magi, 2002), (Diegoli, Samantha, 2003), (Diegoli, Samantha, 2004), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2000), (Sotolongo Codina, Pedro Luís, 2003), (Morillas Raya, A., 2006), (Betancourt, José, Brito Santana, H., Martínez de Santelices, A., 2007), (Romero, Jesús, 2008), (Toledo Amador, Arelis, Escobar, M.A., Ortiz Hernández, E., 2007), (Kantrowitz, M., et al., 2008), (Sampedro, Javier, 2008), (Portuondo Padrón, Roberto; Dámera, Martínez, A., 2010), (Filgueiras Sainz de Rozas, Miriam, 2010).

(\*) Para algunos autores las ideas del denominado “Bootstrap” de Geoffrey Chew es una teoría, sin embargo, casi todas las ideas sobre este asunto más bien se puede resumir en un enfoque o principio de auto-consistencia, pues el universo y sus formas particulares de existencia en calidad de sistemas abiertos y concatenados se expresan no tanto por leyes como por la regularidad de la auto-consistencia, resultante de la interacción de sus componentes esenciales. En fin, constituye el reconocimiento de que la realidad se expresa no tanto como un sistema de leyes, sino como un sistema abierto en rico entramado (rizoma) sin jerarquías y de ciertas regularidades que también evolucionan y se transforman (sin leyes fundamentales), del cual emerge dicha auto-consistencia. Esta idea se opone a la racionalidad científica clásica fundada en la linealidad y las leyes deterministas, pues, más bien se nutre del pensamiento holístico oriental, concretamente de la noción budista del Mahayana, idea que no privilegia ningún principio ni jerarquiza o centraliza ninguna estructura o funciones de la vida (Capra, 1996, pág. 58), (Andrade, Raiza, et. al., 2002, págs. 16-19).





## SOBRE LOS AUTORES

**Nahuel Aurelio Luengo.** Es investigador universitario en varios proyectos relacionados con la integración de las disciplinas en la Educación y específicamente en la Cultura Física. Es Licenciado en Educación Física y Doctor en Ciencias (PhD) de la Cultura Física, graduado en la Universidad del Deporte Cubano. En ambos estudios logró el título de Oro que le permitió obtener becas hasta lograr el ansiado PhD. El tema principal de estudio se centra en la interrelación de las funciones de dirección del entrenamiento deportivo. Además de la parte académica Nahuel es deportista de alto rendimiento logrando en lo que va de su carrera más de una decena de campeonatos argentinos en varias disciplinas del atletismo. Recientemente finalista del mundo en el World Mountain Running Championship. Datos de contacto. Tel. Móvil. 054 02266 15440974. Correo-e: [nahuel.luengo@gmail.com](mailto:nahuel.luengo@gmail.com)

**Fidel Martínez Álvarez.** Es Profesor Titular Adjunto de la Filial de Camagüey de la Universidad de las Artes de Cuba. Graduado de Máster en Filosofía (Kiev, Ucrania, Unión Soviética, 1984) y Máster en Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (Universidad de la Habana, 2000), logró en el año 2011 el grado de Doctor en Ciencias de la Educación en la Universidad de la Habana con el tema: “Fundamentos epistemológicos para la construcción de una Educación transdisciplinaria en Cuba”. Ha realizado diversas publicaciones científicas en diversas áreas del conocimiento científico haciendo un énfasis en la integración de las ideas y nociones propias de la complejidad en las diversas realizaciones de la cultura universal. Fidel ha sido tutor de decenas de tesis vinculadas al pensamiento complejo y actualmente se desempeña como investigador independiente en la ciudad de Camaguey, Cuba. Datos de contacto. Tel. móvil: 053 54227742. Correo electrónico: [fidelmartinez@nauta.cu](mailto:fidelmartinez@nauta.cu)







La Educación Transdisciplinaria es una contribución original al movimiento contemporáneo de la integración de las disciplinas, asignaturas y áreas del conocimiento científico. La obra indaga en los fundamentos de los paradigmas emergentes de la integración del saber (estudios CTS, holismo ambiental, bioética, constructivismo, hermenéutica y estudios de la complejidad). La propuesta de una Educación Transdisciplinaria es una respuesta crítica construida desde América Latina para enfrentar los desafíos que plantea la crisis epistemológica de nuestro tiempo que se manifiesta simultáneamente como crisis del pensamiento y la racionalidad, crisis del sistema-mundo moderno y crisis del saber disciplinario hiperespecializado. La complejidad de los problemas sociales concretos cruza horizontalmente todos los campos del saber. El conocimiento científico disciplinar es necesario pero insuficiente para comprender sistémicamente la complejidad del mundo. Este libro explora y sistematiza los estudios de la complejidad y elabora los fundamentos epistemológicos para la construcción de una educación transdisciplinaria en América Latina.

**Nahuel Aurelio Luengo** es Doctor en Ciencias de la Cultura Física, estudia actualmente los temas relacionados a la complejidad en el deporte y la actividad física, más precisamente las relaciones azarosas que existen entre los indicadores fundamentales del entrenamiento deportivo. Es Profesor Titular en FASTA y en el Instituto Universitario River Plate. Además de sus realizaciones científicas es atleta de la Selección Nacional Argentina en la disciplina de Montaña, recientemente finalista del mundo.

**Fidel Francisco Martínez Álvarez** es actualmente considerado uno de los grandes estudiosos de la complejidad y la transdisciplina en Cuba, graduado de Doctor en Ciencias de la Educación en la Universidad de la Habana. Se desempeña en el presente como Profesor Titular en la Universidad de las Artes de Cuba. Los textos de Fidel hacen un panorama tan amplio como la propia realidad impuesta por la complejidad, yendo del pensamiento crítico colectivo hasta contribuciones a la metodología social.



Comunidad Editora  
Latinoamericana

ISBN 978-987-46964-1-0



9 789874 696410

**Colección Educar en la complejidad**