

# LA ESCUELA BAJO LOS PRECEPTOS DE LA TEORÍA DEL CAOS: INCERTIDUMBRE, CAOS, COMPLEJIDAD, LÓGICA DIFUSA Y BIOAPRENDIZAJES\*

## THE SCHOOL UNDER THE PROVISIONS OF CHAOS THEORY: UNCERTAINTY, CHAOS, COMPLEXITY, FUZZY LOGIC AND BIOLOGICAL LEARNINGS

**Adrián Arboleda Arenas<sup>1</sup>**  
Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia

### RESUMEN

Este artículo busca mostrar una aproximación de la Teoría del Caos al universo social y de la Escuela, a la vez que pretende ilustrar la posibilidad de una interpolación de la tríada *caos*, *incertidumbre* y *complejidad* al entendimiento de los procesos educativos y de aprendizaje. Establece relaciones entre los conceptos de la Teoría del Caos y las dinámicas de la Escuela. Se presentan también principios científicos tales como el *principio de incertidumbre* y la complejidad como opción para tratar las realidades en el día a día de la educación, y por otra parte, que permitan concebir la Escuela en el marco de los aprendizajes ligados al acto de vivir, al placer por aprender y a la Tierra como nicho educativo vital.

**Palabras clave:** Caos, Complejidad, Incertidumbre, Bioaprendizaje.

### ABSTRACT

This article seeks to show an approximation of the Chaos Theory to the social universe and the School, while pretends to illustrate the possibility of an interpolation of the triad *chaos*, *uncertainty* and *complexity* to the understanding of educational and learning processes. It looks for relationships between different concepts of Chaos Theory and dynamics of the School. It also shows scientific principles such as the uncertainty and complexity principle as an option to address the realities in daily education, and in other way, who allows to conceive the School within the framework of learning linked to the act of life, to the pleasure of learning and the Earth as a vital and educational niche.

**Keywords:** Chaos, Complexity, Uncertainty, Bio-learning.

**Recibido:** Agosto 13 de 2015

**Aceptado:** Noviembre 4 de 2015



1. Matemático, Universidad del Valle, Colombia. Magíster en Enseñanza de las Matemáticas, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. PhD en Educación, Universidad Central de Nicaragua, Nicaragua. Docente interno en el área de Matemáticas, Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Palmira. Universidad Pontificia Bolivariana, programa de Ingeniería Industrial. [adrian.arboleda@upb.edu.co](mailto:adrian.arboleda@upb.edu.co)

## INTRODUCCIÓN

La Teoría del Caos se dedica al estudio de aquellos *sistemas dinámicos* altamente sensibles a sus condiciones iniciales e imprevisibles en el tiempo. Su extrapolación a otros lugares del saber brinda una opción para generar campos investigativos en la búsqueda de explicar situaciones en el espacio de lo social y en el ámbito educativo y escolar, en donde la imprevisibilidad, las opciones no binarias, las relaciones entre los lugares del saber, la incertidumbre, etc., crean la posibilidad de darles explicación y tratamiento desde una perspectiva caótica. Briggs (1) reafirma esto al decir que “La Teoría del Caos nos muestra lo aparentemente pequeñas e insignificantes que pueden acabar siendo las cosas si se asume un papel principal en el modo en que estas se producen”.

En la Escuela, partiendo de que es un lugar en donde se tejen relaciones entre miembros de variadas extracciones sociales y culturales, se vislumbra la necesidad de un abordaje en el marco de la complejidad y de la incertidumbre, a la par que se da la construcción de conocimiento. En cuanto a esto, Morin (2) afirma que “El conocimiento es complejo, porque concibe el *homo*, no solo como *sapiens*, sino también como *faber, demens, ludens o consumans*”.

Si se mira a la Escuela como un sistema imprevisible que aprende en el marco de la complejidad y de la incertidumbre, es de esperar que se generen aprendizajes a partir de estos tres elementos, ligados al acto de vivir, el cual es el mismo acto de aprender. Se puede hablar aquí de *bioaprendizajes*, esos que se gestan a la par de que el aprendiente se relaciona con su nicho vital, que en este caso es la Escuela. La producción de *bioaprendizajes* se

puede dar cuando el aprendiente se relaciona con su entorno social y escolar y comprende esas relaciones construyendo conocimiento.

La Teoría del Caos es una oportunidad para producir ese acercamiento entre una formulación matemática y un espacio con dinámicas alejadas de los sosos determinismos tradicionales, haciendo de la Escuela un lugar de investigación para esta interpolación.

## DISCUSIÓN

### Fundamentos científicos de la Teoría del Caos

El caos hace referencia, no a *desorden o falta de orden* sino a aquellas situaciones fenomenológicas en las que se hace difícil y complejo predecir su evolución; es decir, a aquellos fenómenos imprevisibles en el tiempo y que dependen fundamentalmente de sus condiciones iniciales, dando al caos el lugar de una respuesta a una humanidad que tradicionalmente se halla sumida en la necesidad de buscar un *orden total y racional* ligado a una *verdadera realidad* (3).

Los *sistemas dinámicos* se estudian según su comportamiento y han sido clasificados como *estables, inestables y caóticos*. Estos últimos son altamente sensibles a sus condiciones iniciales, ya que cualquier pequeña variación en estas genera una alta imprevisibilidad en el fenómeno, a diferencia de los dos primeros, en los que se puede predecir y, a veces, controlar su evolución futura. En este espacio aparecen conceptos como *atractores, fractales, atractores extraños, estructuras disipativas*, etc.

Un *atractor o sumidero* es un punto o un conjunto de puntos o situaciones a los cuales evoluciona un sistema dinámico caótico después de un tiempo

suficientemente largo. Si se graficara en forma cartesiana esta evolución con respecto al tiempo, gráfico que se ha denominado *diagrama de fase*, los atractores podrían ser puntos, curvas o variedades de cualquier dimensión.

Existe un tipo especial de atractores, los *atractores extraños*, que son de *dimensión fractal*. Un *fractal* es interpretado inicialmente como un objeto geométrico que tiene la propiedad fundamental de la autosimilaridad; es, aquel objeto que repite su forma y estructura a diferentes escalas. Los *atractores extraños* son aquellos que al representarse en un diagrama de fase presentan esta propiedad de la autosimilaridad; es decir, de dimensión fractal (4). Estos hacen posible diferenciar el comportamiento de un sistema caótico y del movimiento aleatorio o errático del sistema (5).

Otro concepto relacionado íntimamente con el caos es el de *estructura disipativa*, término acuñado por *Ilya Prigogine*, premio Nobel de Química, haciendo referencia a aquellos estados a los que un sistema evoluciona generando orden en medio del caos, cuando hay una liberación o disipación de energía, estando el sistema alejado del equilibrio. En otras palabras, una estructura disipativa adquiere orden cuando libera o transmite energía al sistema.

La Teoría del Caos también está ligada íntimamente al principio de incertidumbre, el fenómeno de la complejidad y las lógicas no binarias.

El *principio de incertidumbre* de Werner Heisenberg enuncia que es imposible medir de manera simultánea dos variables del mismo fenómeno, concepto que aparece en la Mecánica Cuántica solo cuando se realiza una *medida* (6). Es el principal punto de partida de la Mecánica Cuántica, nuevo paradigma

científico que ha gobernado la Física del mundo atómico y subatómico en los últimos cien años (7), permitiendo modificar muchas de las ideas sobre la observación y la medición, apareciendo sus relaciones vinculadas a una conjugación existente entre ciertos pares de cantidades físicas (8). Pero su principal consecuencia es el hecho de que *la observación afecta el resultado de lo observado*. Esto permite que se creen así nuevas visiones en la Física que no concilian con la visión clásica (9).

La incertidumbre cuántica se relaciona con el fenómeno de la complejidad y del caos a nivel social, escolar y humano, considerándose estos universos holísticos; por citar un caso, las estratificaciones visibles en y entre los variados componentes de la Escuela y los escolares no es resultado de una transferencia de poderes o control, sino la organización misma de la complejidad (10). El mundo de las ciencias de la complejidad se ocupa de las transiciones orden-desorden; es decir, a la pregunta de por qué el orden se rompe y cómo es posible que se genere orden a partir del desorden (11). Además, todos los sistemas son complejos, y todos generan complejidad. Aun así, puede haber complejidad sin incertidumbre (12).

Otro elemento ligado a la Teoría del Caos es la *Lógica Difusa*, estructurante del pensamiento inherente al caos, la complejidad y la incertidumbre, que permite introducir valores intermedios entre la afirmación completa y la negación absoluta (13). La *Lógica Difusa* aborda el estudio de temas en los que la relación de pertenencia de un elemento a un conjunto va más allá de la totalidad de estar o no incluido en el mismo, de que un enunciado pueda ser falso o verdadero en determinada proporción, o de que una expresión lógica booleana pueda tener un valor intermedio entre cero y uno (14). Esta

lógica permite desde su análisis proposicional ver que hay un principio de incertidumbre en el corazón mismo de la Lógica (2).

### **La Escuela como sistema caótico**

Partiendo de la Escuela como el lugar en el que se generan aprendizajes, se le debe considerar a la vez como un sistema dinámico. Esto conduce a apreciaciones en que es clasificado como sistema estable, inestable o caótico, dado que la Teoría del Caos tiene todos los elementos para hacer de la complejidad, el desorden, la entropía, etc., sus escenarios de fundamentación (15).

La constante necesidad de estandarizar y limitar las dinámicas escolares ha llevado al traste con la riqueza que se encuentra en el día a día de la escuela, lo que se aprende o se genera por fuera de las planificaciones rigurosas, o lo que aparece de súbito cuando se generan aprendizajes en los momentos o espacios en los que la rigurosidad escolar tradicional se fractura, pues se ha pensado erróneamente que en el mundo hay un orden fundamental que se pretende describir de la manera más simple posible (16).

En este marco de perspectivas caóticas es fundamental la identificación de los *atractores* a partir de una relación dialógica orden-desorden, ya que la Escuela es antes que nada un fenómeno de alta contingencia y complejidad, cargado de incertidumbres e impreciso, donde elementos como la creatividad, la inter y transdisciplinariedad, y la construcción del conocimiento, entran a ser considerados también como sistemas caóticos dentro de la misma. La red de relaciones que se tejen entre los escolares, el cuerpo docente y administrativo son a la vez procesos que generan aprendizajes y procesos vitales.

### **La Escuela en el marco de la incertidumbre y la complejidad**

Las certezas con las que la educación ha tratado de construir el camino de la Escuela han llevado a que se produzcan sujetos sostenedores de falsas certidumbres, que son constantemente reemplazadas por otras cuando el camino sobre estas se hace incierto. Dado que hay cosas que no se pueden determinar con exactitud absoluta, nadie ha encontrado una manera de esquivar este principio de indeterminación propio de la naturaleza (17).

Si se puede afectar lo observado con solo observar, los caminos y bifurcaciones azarosas se hacen visibles en la cotidianidad humana y en la Escuela, como lugar incierto, con pequeñas islas de certezas en un inmenso océano de incertidumbre, en donde se puede verificar que el indeterminismo es la actitud científica compatible con el progreso del conocimiento del mundo o con su descripción (18).

Si se parte del Universo compuesto de *sistemas dinámicos caóticos*, se hace entonces necesario incluir al fenómeno de la *complejidad* como elemento determinante para la interpretación de las dinámicas de la Escuela, dado que el ser humano, en ese caso el escolar, es complejo en su naturaleza. Se tiene entonces que en una sociedad determinada por las interacciones entre lo global y local, la comprensión de sus problemas requiere de un abordaje y una visión multidimensional y de un pensamiento integrador con la capacidad de contextualizar (19).

El conocimiento y su construcción hacen parte de una realidad en la que el caos, la complejidad y la incertidumbre son determinantes e inseparables, lo que lleva a que cualquier interpretación y proceso de aprendizaje deba incluir obligadamente a

todos los lugares del saber y a todas sus relaciones, pues estas son posibles cuando emergen del caos que tiende a ordenarse (20). Por ello es necesario analizar la complejidad o indagar las relaciones dinámicas del todo con las partes y las relaciones dinámicas entre azar y necesidad (21).

Desde la formulación del *principio de incertidumbre* la idea de objetividad ha tenido que ser revaluada, con el observador como otra variable del fenómeno. La lógica de la simplicidad ha dejado de ser funcional y se hace necesario la inclusión de nuevas herramientas que permitan pensar de manera no lineal, dar cuenta de paradojas constitutivas del modo de experimentar, en donde el sujeto construye al objeto en interacción con él (22).

La idea del ser humano como ser simple y observante separado de su realidad ha llevado a dejar de lado una gran gama de posibilidades de conocimiento del Cosmos. En la suposición de un paradigma de la complejidad, este permite que el individuo asuma una nueva manera de conocer, pensar y entender la vida, quien es por naturaleza propia azaroso, irregular y navegante entre el orden y el caos (23).

La aceptación de la Escuela como organismo complejo permitiría saber que cualquier acción, ya sea de aprendizaje, de observación, etc., afecta a todas las dimensiones y variables asociadas al fenómeno universal de la existencia del ser humano y del tejido del cual hace parte.

### La Escuela en el marco de la Lógica Difusa

La *Lógica Difusa* es una alternativa a la Lógica Discreta en el sentido en que usa grados de pertenencia categorial en lugar de adscribirse a categorías en el sentido estricto (24). Es una visión alternativa

asociada a fenómenos como el de *complejidad*, la *Geometría Fractal*, etc., necesaria en una escuela con un abordaje más amplio y no disyuntivo que permita interpretar situaciones donde los sujetos puedan estar parcialmente incluidos en ciertas categorías.

La idea de una Escuela en el marco del pensamiento difuso es evidente cuando el abordaje de la educación y de esa Escuela se da bajo los preceptos de la Teoría del Caos, al intentar detectar sus atractores y la geometría de estos. Las relaciones lógicas de pensamiento, comportamiento, etc. en la Escuela muestran que la mente no es un procesador digital y que los problemas surgen cuando se toman demasiado en serio los recortes binarios (25).

### La Escuela y el bioaprendizaje

Maturana y Varela utilizan constantemente el término *bioaprendizaje* para hacer claridad en que el aprendizaje es en sí un proceso vital. Sin embargo, las apropiaciones conceptuales en los lugares del saber han sido parte de procesos en una Escuela que se halla desligada de esta realidad.

La construcción del conocimiento no es posible sin un proceso de transformación en el sujeto a nivel mental, histórico, cognitivo y biológico; esto último, si se asume que el aprendizaje no solo está ligado al acto de vivir, sino que es la vida misma, en donde el escolar está constantemente interactuando con su entorno bajo relaciones de colaboración, cooperación colectiva, asociación con los distintos lugares del saber, placer en el acto de aprender y la inclusión de la tríada complejidad, caos e incertidumbre, ya que la Teoría del Caos, afín del principio de indeterminación de Heisenberg, aboga por la complejidad, la incertidumbre, la no linealidad y lo imprevisible (26).

Si se considera el aprendizaje un proceso vital, la construcción del conocimiento debe aparecer junto a la pregunta, más que en la búsqueda de la respuesta o la solución de un problema relacionado con una fenomenología en particular, en la relación del escolar con su contexto, en la inclusión del sentido común alimentado de su cultura y su historia y en el hábito del sujeto a la impermanencia del entorno. El autor Gozávez (27) afirma aquí que “como la naturaleza cognitiva del aprendizaje es inevitable, estamos obligados a referirnos a un modo cualquiera de aprendizaje”. Se puede decir que el sentido común no puede ser incorporado al conocimiento, ya que es más bien una facilidad o un saber basado en la experiencia (27).

No es posible descartar el elemento experiencial de la vida separado del acto de aprender, pues el sujeto no puede entender el fenómeno de la vida sin que esté vivo, pues, como lo afirma Gozávez (27), “solo la vida puede conocer la vida”. En consecuencia, la mente y la experiencia son fenómenos sociales y el aprendizaje no puede ser ajeno al contexto de construcción, al sentido común como elemento inseparable de la condición humana, a la experiencia como guía, y al mismo acto de vivir, dado que hoy el sentido común forma parte de todos los procesos educativos y se encuentra proscrito de todos los sistemas escolares (28).

Por otra parte, el aprendizaje como fenómeno social y colectivo es posible solo en el momento en que su dinámica fluya a través del elemento de colaboración, al considerar a la educación, no como una competencia o un proceso de selección natural, entendiendo que los lugares del saber son parte del acto de vivir, dado que al suprimirse la competencia, lo más lógico es que aparezca la colaboración como consecuencia, pues el aprendizaje

es una transformación coherente con las circunstancias en el fluir de las interacciones (29).

A pesar de esto, se han mantenido hasta el momento en la Escuela de hoy ideas retrógradas en cuanto al aprendizaje, asociándolo a la rigidez y a las planificaciones rigurosas. La propensión a aprender ha quedado enclaustrada bajo normas que regulan y que exigen qué, cómo y a qué intensidad enseñar, adecuando las exigencias y estableciendo los criterios de evaluación, normalmente medición, y sanción para estudiantes que no rinden de acuerdo a lo establecido (30).

El objetivo de un aprendizaje mediado por la Teoría del Caos propende por evitar el enclaustramiento limitante al que la Escuela ha sido hasta ahora sometida, buscando ante todo reconocer la riqueza de los aprendizajes que emergen bajo la imprevisibilidad y la incertidumbre, pues caos es ante todo velocidad: fenómenos de altísima velocidad y en múltiples órdenes, tanto físicos como de sentido (31).

### **La Escuela ligada al placer y a la Tierra**

La acción educativa y el aprendizaje son dinámicas en las que no solo el placer y el gusto deberían ser la guía, sino también su relación con todos los contextos posibles de una Escuela en el marco de la complejidad, con la incertidumbre como base y con perspectivas de corte caótico, con la Tierra como parte de ella misma. Assman señala que “el conocimiento solo emerge en su dimensión vitalizadora cuando tiene algún tipo de vinculación con el placer”. Aquí entonces se ubica a la educación en el papel de la más avanzada tarea social liberadora. Los lugares del saber no son ajenos a estos principios y al acto de liberación y transformación en los procesos relacionados con el aprendizaje.

La educación y el aprendizaje en determinado lugar del saber tienen sentido real solo cuando su quehacer se encuentre relacionado con otros lugares del saber, a la vez que su práctica esté ligada al principal nicho natural del aprendizaje: la Tierra. Ningún conocimiento o práctica pedagógica pueden estar desarticulados de la realidad social y natural del aprendiente. Saber de parte de los escolares que el *capitalismo ecológico* es insostenible, que el *desarrollo* implica equilibrio global para todo el planeta y que más allá de la sustentabilidad económica, se debe hablar de sustentabilidad ambiental, social, política, educacional, curricular, etc. (32). Esto permite que al educar se posicionen esos lugares de conocimiento de forma inseparable con sus similares.

El *bioaprendizaje* como proceso caótico, complejo e incierto considera al aprendiente en el marco de una Escuela vital en donde dichos bioaprendizajes no son solo dinámicas de vida, sino la vida misma, con elementos tan humanos como el sentido común y el lugar de un sujeto habituado a la impermanencia de su nicho vital. Esto ante la urgencia y la necesidad de desaparecer la idea darwiniana de la *supervivencia del más fuerte* para darle lugar a la cooperación, del aprendizaje solo ligado al placer, y de cada lugar del saber existiendo solo por la existencia de los demás y ligados inseparablemente en su respeto hacia la Tierra.

### Teoría del Caos en la Escuela

El desconocimiento de la realidad de la Escuela como un sistema caótico y de alta contingencia ha traído como consecuencia que la educación y la Escuela de hoy sean a todas luces, como lo afirma Gadotti (33), “un imposible pedagógico, un despilfarro económico y un engaño y frustración”. La Teoría del Caos ligada a los fenómenos de la complejidad y de

la incertidumbre brinda la posibilidad de mostrar un camino sobre las pequeñas certezas que aparecen en el inmenso universo de las incertidumbres humanas, escolares y planetarias, y para comprender el entramado de relaciones e imprevisibilidades entre estos objetos.

Se puede entonces considerar a la Escuela como sistema caótico, sensible a sus condiciones iniciales, que constituye atractores, fractales, bifurcaciones, etc., y al cerebro como un sistema inestable que, sin embargo, conduce y logra la formación de nuevos órdenes, al igual que las situaciones caóticas (34). Desde la escuela se puede ver entonces que aprender a vivir en el caos no significaría aprender a controlarlo, ni a predecirlo y que desde esa perspectiva lo que se puede hacer es vivir de la creatividad del caos, sin intentar imponerse (35).

Lo importante en este marco de la Escuela como sistema caótico es la *identificación de los atractores*; dentro de tales atractores se podrían incluir, por ejemplo, las normas escolares construidas por todos los miembros de la institución bajo elementos de consulta o consenso grupal, las *heterarquías* de poder que se conforman por encima de las tradicionales jerarquías, los núcleos de conocimiento construidos sobre el camino de las incertidumbres, etc. La aparición de otros atractores depende de la cultura, la historia y los integrantes de cada nicho escolar en particular.

La inclusión de la complejidad y de la incertidumbre como acompañantes del caos en el sistema escolar se hace necesaria en múltiples eventos. Con el aumento del conocimiento que se tenga de las relaciones entre los distintos objetos o elementos de la Escuela, se da la aparición inmediata de la detección de las múltiples incertidumbres y los

desórdenes de los que se puede extraer autoorganización y orden, conjugando la tríada de la que se ha hablado aquí, a la vez que se leen, construyen y releen contextos que se ubican en el marco de la complejidad.

Si la Escuela es un sistema caótico, el conocimiento, el aprendizaje, la inteligencia, etc., son subsistemas de tipo caótico. Las emergencias que aparecen, por ejemplo, cuando se generan aprendizajes son necesariamente imprevisibles, detectadas como integrantes de atractores caóticos. Collom Cañellas afirma que “cabe entender la creatividad como el caos de la inteligencia, es decir, como la consecuencia de la no linealidad del cerebro”.

La Teoría del Caos se centra en la construcción del conocimiento, permitiendo que dicha construcción se dé en los puntos de encuentro entre teoría y práctica, colocando a la práctica como la fuente principal de conocimiento. El aprendizaje como sistema o subsistema caótico de la Escuela se da a través del encuentro de las relaciones entre actividades, situaciones problema, etc., que se organizan bajo la dialógica permanente entre orden y desorden, con procesos permanentes de construcción de conocimiento sobre un camino de incertidumbres.

Si se propone una pedagogía fundamentada en la Teoría del Caos, esta nos muestra que es necesario entender al caos como la tensión permanente y esencial del orden. También nos enseña que las acciones humanas no pueden ser absolutizadas como sistemas lineales, sino que estos también son complejos (36).

Las leyes del caos ofrecen una explicación para la mayoría de los fenómenos naturales, por lo cual la Teoría del Caos y la detección de atractores y

fractales en el aula son una oportunidad para que el planteamiento docente sea menos academicista, alejándose de posturas dogmáticas y lejos del guión marcado por un mero libro de texto (37). Además, un tratamiento desde la perspectiva del caos necesita de la inclusión de todos los elementos y variables posibles, permitiendo que aparezcan en el ambiente escolar o local el mayor número de formas expresivas de todos sus miembros, sin que se establezca de antemano ningún tipo de hegemonía (38).

### **Gestión escolar en el caos**

Descubrir los atractores o focos activos de los sistemas, sean físicos o sociales, las fluctuaciones, la fractalidad, etc., son entre otros, dimensiones de la realidad que es posible conocer mediante el paradigma científico de la Teoría del Caos (21).

Una planificación escolar en el día a día, distinta a aquella segmentada y con objetivos medibles en el tiempo, da lugar a la construcción del currículo mismo en los variados lugares del saber. Este tipo de planificación permite que estudiantes y las mismas instituciones educativas hagan lecturas permanentes de los contextos escolares y puedan construir sus diagramas de fase, identificando más fácilmente los atractores que generarían orden en el tiempo.

Las variadas didácticas escolares derivadas de los modelos pedagógicos no son más que otra falsa certidumbre aplicada a fuerza sobre un entorno caótico, incierto y complejo que no dinamiza con ellas, ya que los modelos educacionales basados en el paradigma científico complejo deben guardar coherencia con el nuevo cuadro científico del mundo, en este caso, del caos y la complejidad (39,40). Con respecto a esto, Carolino (41) afirma que “el



modelo educativo debe ser complejo, transdisciplinar, incorporado a redes sociales de dialogicidad tolerante”.

La Gestión Escolar en el marco de la Teoría del Caos es una opción que permite mostrar la realidad de una Escuela dinámica, no lineal, mutable permanentemente y alejada de las planificaciones estáticas y de las didácticas desligadas de contextos cambiantes y cuya lectura se realiza a la par de su construcción. Se puede inferir que sin el caos la Escuela no es más que utopía, sueños de lo deseable, pero en últimas, irreal (41,42).

### **Aprendizajes bajo la perspectiva del caos**

Se sabe que los bioaprendizajes se generan o producen tras un proceso de transformación del sujeto aprendiente en su relación con la vida; en otras palabras, es en definitiva la vida la que aprende (29). Si la vida es un suceso que involucra imprevisibilidades, incertidumbres y tejidos múltiples de relaciones, es por tanto el mayor de los organismos caóticos. Visto así, el *bioaprendizaje* no será más que otro sistema con características caóticas, incierto y de alta contingencia, imprevisible en el tiempo y con atractores y bifurcaciones ligadas al azar.

Un aprendizaje bajo la mirada de la Teoría del Caos permite entender que los sujetos impactan lo observado y el medio del que se aprende, realizando a la vez una transformación sobre este; por tanto, el conocimiento y su construcción es un atractor de características fractales al que la escuela y los escolares tienden en el tiempo, con bifurcaciones azaras que aparecen en el camino de manera incierta. La aparición de tales bifurcaciones en el tránsito hacia la construcción del conocimiento, necesita entonces de una estructura de pensamiento más

allá de las limitaciones binarias, en donde la Lógica Difusa aporta la estructuración necesaria del pensamiento sistémico para darle sentido a otro discurso racional.

Las estrategias para generar aprendizajes en el marco de lo complejo, lo incierto y lo caótico dependen en gran medida del nicho vital, social o escolar en el que se busque que emerjan. Existen variadas estrategias, entre las que se mencionan: *Aprendizaje en laberinto*, en la que el estudiante busca sentido a una situación desestructurada y compleja; *aprendizaje interpretativo*, donde el estudiante desarrolla campos de tensión con actividades de gran dificultad; *autogestión educativa*, en la que las clases evolucionan a atractores, como lo son las normas internas. Estas estrategias permiten construir el conocimiento de forma compleja o caótica, pues incluyen el azar, la complejidad, las secuencias orden-desorden y utilizan la complejidad para entenderla (43).

La Teoría del Caos es entonces una poderosa herramienta para el desarrollo y el entendimiento de las dinámicas impredecibles de la construcción de conocimiento en la Escuela y para el tratamiento adecuado del escolar como elemento en constante transformación y como un ser permanentemente inacabado.

## **CONCLUSIONES**

El abordaje de la Escuela y de los procesos educativos de forma determinista ha sido un desperdicio y un imposible pedagógico (33). Conduce esto a que hoy el escolar sea un sujeto que se controla enclaustrado en aulas y en tiempos restringidos, sentado en sillas que cansan y dañan (20). El tratamiento de un sistema tan imprevisible, incierto y

complejo como la Escuela necesita de un abordaje desde la perspectiva de la Teoría del Caos.

Conocer que existen situaciones y realidades más allá de la percepción determinista y reduccionista de las tradicionales miradas cartesianas y binarias, aporta a la posibilidad de la conducción del escolar a través de las incertidumbres con una nueva Lógica que dé espacio a las múltiples posibilidades de relación o de valores de verdad en la estructura del pensamiento. Una Lógica que dé sentido a un nuevo discurso del pensamiento sobre las fenomenologías en el marco de la complejidad y la incertidumbre, dado que, según el mismo *principio de incertidumbre*, cuando más se trata de analizar un problema ligado a un fenómeno, tanto más difusas se vuelven sus posibilidades de resolverlo.

Si se consideran los procesos de aprendizajes como procesos vitales y si se acepta que aprender y vivir son la misma cosa, los aprendizajes que emerjan de la Escuela bajo los preceptos de *caos, complejidad e incertidumbre*, se pueden dar sin ningún esfuerzo, ligados al placer y con una relación directa con la Tierra. Si se entiende la vida del ser humano como un conjunto de procesos esencialmente cognitivos y de construcción de esos conocimientos en la Escuela, se lo debe integrar a su entorno social, ecológico y natural, con la dialógica *orden-desorden* como fuente generadora de aprendizajes, pues el caos no implica necesariamente la destrucción definitiva del sistema afectado, ya que del caos puede también surgir el orden (44).

La necesidad y la urgencia que salta a la vista en una Escuela regida por principios caóticos es la de detectar, no su evolución determinista a futuro, sino los atractores a los cuales tienen la posibilidad de converger todos los elementos constitutivos de

esa Escuela, al igual que el tipo al cual pertenecen esos atractores.

Ejemplos variados, tales como las normas escolares o la construcción del conocimiento, pueden pertenecer a este tipo de categorías, dada su característica imprevisible y, en algunos casos, de corte fractal. Innumerables situaciones caóticas en el mundo de las Ciencias Naturales y Sociales, y en las Ciencias de la Educación permiten dilucidar que a partir de procesos autoorganizativos dentro del desorden es posible la generación de un nuevo orden más denso en relaciones y con más posibilidades de construcción de nuevo conocimiento. El modo de ver el mundo que está naciendo se fundamenta en el respeto de la complejidad caótica del Universo, sin que el ser humano intente ser el centro del mundo, ni intentar encontrar tal centro (45).

Los lugares del saber no deben generar certezas en su andar y en sus continuas creaciones, sino incertidumbres, bajo el tejido de la complejidad y la directriz del caos, ya que este no es más que complejidad incontrolada (46). De esta manera, la aparición de estructuras disipativas es inseparable de la característica caótica de la escuela, ya sea en las situaciones familiares de los escolares, como en el choque de los aprendizajes con las estructuras deterministas previas de la estructura escolar, y todo un largo etcétera.

La idea de una nueva estructura de Escuela como sistema caótico presenta todas las opciones para la generación de nuevos horizontes en los que lo complejo permite mirar las múltiples relaciones que aparecen entre los distintos objetos, donde lo incierto muestra la falacia de tener que buscar a toda costa las certezas para andar el camino de la educación, y donde lo imprevisible da una luz

de esperanza para la creatividad y los aprendizajes que se generen a partir de ella.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Briggs J, Peat D. Las siete leyes del caos. New York: Harper Collins Publisher; 1999.
2. Morin E. Introducción al pensamiento complejo. Barcelona: Gedisa; 1997.
3. Castoriadis C. Los dominios del hombre. Barcelona: Gedisa; 1998.
4. Almarza Rísquez F. La Teoría del Caos. Modelo de interpretación epistémica e instrumento de solución: reconciliación entre ciencias y humanidades; 2002.
5. Patiño Restrepo JF. Caos y complejidad: Ciencias del siglo XXI. Medellín: Universidad de Antioquia; 1999.
6. Penrose R. La mente nueva del emperador. México: Ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; 1996.
7. Piris Silvera M. Física Cuántica. La Habana: Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nucleares; 2006.
8. Giribet GE. Sobre el principio de incertidumbre de Heisenberg entre tiempo y energía: una nota didáctica [serie de Internet]. 2005. [citado 2014 may 11]. Disponible en [http://rmf.smf.mx/pdf/rmf-e/51/1/51\\_1\\_23.pdf](http://rmf.smf.mx/pdf/rmf-e/51/1/51_1_23.pdf)
9. Ferrer del Valle A. El principio de incertidumbre, la incerteza en física y la visión de Peter Landsberg [serie de internet]. 2009. [citado 2014 ene 29]. Disponible en <http://www.mat.uc.cl/~rolando.rebolledo/Azar/Trabajos/Ferrer.pdf>
10. Campos D. Un puente entre el universo cuántico y el mundo clásico. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá: Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia; 2007.
11. Seca AL. El impacto del mecanicismo newtoniano en las Ciencias Sociales. Hacia un nuevo paradigma holístico [serie de internet]. 2007. [citado 2013 agost 20]. Disponible en [http://www.albertomontbrun.com.ar/archivos/el\\_impacto\\_del\\_mecanicismo\\_newtoniano\\_en\\_las\\_ciencias\\_sociales.pdf](http://www.albertomontbrun.com.ar/archivos/el_impacto_del_mecanicismo_newtoniano_en_las_ciencias_sociales.pdf)
12. Maldonado CE, Gómez Cruz NA. El mundo de las ciencias de la complejidad: una investigación sobre qué son, su desarrollo y sus posibilidades. Rosario: Laboratorio de Modelamiento y Simulación Universidad del Rosario; 2006.
13. Bustamante UM, Opazo PA. Hacia un concepto de complejidad: sistema, organización y empresa. Santiago de Chile: FACE SDD; 2004.
14. Benito Matías T. Lógica borrosa; 2002.
15. Arredondo Vidal T. Introducción a la Lógica Difusa. [serie de internet]. 1999. [citado 2014 abril 10]. Disponible en <http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/soft-comp/Introduccion%20a%20la%20Logica%20Difusa.pdf>
16. Collom Cañellas AJ. Teoría del Caos y educación: Acerca de la reconceptualización del saber educativo [serie de internet]. 2008. [citado 2014 marz 10]. Disponible en <http://revistadepedagogia.org/20070604155/vol.-lix-2001/n%C2%BA-218-enero-abril-2001/teoria-del-caos-y-educacion.-acerca-de-la-reconceptualizacion-del-saber-educativo.html>
17. Vázquez Á, Acevedo JA. Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. Palma de Mallorca: Universidad de las Islas Baleares; 2008.
18. Ortín MO, Albaladejo Serrano M. Física Cuántica. Murcia: Universidad de Murcia, Departamento de Física; 2011.

19. Wagensberg J. Ideas sobre la complejidad del mundo. Barcelona: Tusquets Editores; 1985.
20. Osorio García SN. Transformación educativa y pensamiento complejo. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Educación y Humanidades; 2011.
21. Calvo Muñoz C. Complejidades educativas emergentes y caóticas. *Revista Polis*. 2010; 9:87-100.
22. Romero Pérez C. Paradigma de la complejidad, modelos científicos y conocimiento educativo. [serie de internet]. 2003. [citado 2014 jul 27]. Disponible en: [http://www.uhu.es/agora/version01/digital/numeros/06/06articulos/monografico/html\\_6/clara\\_romero.htm](http://www.uhu.es/agora/version01/digital/numeros/06/06articulos/monografico/html_6/clara_romero.htm)
23. Najmanovich D. Pasos hacia un pensamiento complejo: subjetividad, vínculos y redes. Buenos Aires: Ed. Biblos; 2006.
24. Dolly A, Cardozo C. Cambio de paradigma: Ruptura y oportunidad. [en línea]. 2010. Disponible en <http://revistavoces.org.ve/docu/gem4-art2.pdf>, recuperado: 19 mayo de 2013.
25. Ballester Brage L, Collom Cañellas A. Lógica difusa: una nueva epistemología para las Ciencias de la Educación. [serie de internet]. 2006. [citado 2014 agost 22]. Disponible en [http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/title/logica-difusa-nueva-epistemologia-ciencias-educacion/id/38142308.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/logica-difusa-nueva-epistemologia-ciencias-educacion/id/38142308.html)
26. Kosko B. El futuro borroso o el cielo en un chip. Barcelona: Ed. Crítica; 1996.
27. Gozávez Pérez V. Hacia una reconstrucción de la razón pedagógica. [serie de internet]. 2010. [citado 2014 feb 10]. Disponible en [http://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/121595/1/Hacia\\_una\\_reconstruccion\\_de\\_La\\_razon\\_ped.pdf](http://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/121595/1/Hacia_una_reconstruccion_de_La_razon_ped.pdf)
28. Varela F. El fenómeno de la vida. Santiago de Chile: Ed. Dolmen Ediciones; 2002.
29. Calvo Muñoz C. Del mapa escolar al territorio educativo. Diseñando la Escuela desde la educación. Santiago de Chile: Nueva Mirada Ediciones; 2008.
30. Maturana H. El árbol del conocimiento. Santiago de Chile: Ed. Lumen Universitaria; 2003.
31. Calvo Muñoz C. Entre la educación corporal caótica y la escolarización corporal ordenada. [serie de internet]. 2010. [citado 2014 jul 13]. Disponible en <http://www.rieoei.org/index.php>
32. Rubio JV. Pedagogía del Caos. [serie de internet]. 2011. [citado 2013 nov 24]. Disponible en <http://www.educarjuntos.com.ar/wp-content/imagenes/PEDAGOGIADELCAOS.pdf>
33. Gadotti M. Pedagogía de la Tierra. Buenos Aires: Ed. Siglo XXI Editores; 2000.
34. Gutiérrez F. Educación como praxis política. Buenos Aires: Ed. Siglo XXI Editores; 1981.
35. Collom Cañellas AJ. Un enfoque caótico de organización como estrategia de paliación de conflictos escolares. Palma de Mallorca: Universidad de Les Illes Balears; 2008.
36. De Lucas J. Introduciéndonos a la Teoría del Caos. [serie de internet]. 2002. [citado 2014 abril 22]. Disponible en <http://casanchi.com/ref/introtcaos01.pdf>
37. Mendoza Martínez V. Pedagogía de la esperanza en una época de terrorismo. [serie de internet]. 2004. [citado 2013 oct 18]. Disponible en: <http://www.razonypalabra.org.mx/libros/libros/pedagogiaesp.pdf>

38. Díaz Brexia S. Fractal reflections of the first, the Chaos Theory and its application in the classroom. [serial on the internet]. 2009. [cited 2013 April 11]. Available from: [http://www.redvisual.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=163&Itemid=94](http://www.redvisual.net/index.php?option=com_content&task=view&id=163&Itemid=94)
39. Rubio JV. Pedagogía por proyectos. Una mirada creativa del currículo desde el caos. [serie de internet]. 1995. [citado 2014 jul 01]. Disponible en: [http://acreditacion.unillanos.edu.co/contenidos/dis\\_ambientes\\_metodos\\_pedagogicos/Memoria1/pedagogia\\_proyectos.pdf](http://acreditacion.unillanos.edu.co/contenidos/dis_ambientes_metodos_pedagogicos/Memoria1/pedagogia_proyectos.pdf)
40. Gómez F. El nuevo paradigma de la complejidad y la educación: una mirada histórica. [serie de internet]. 2010. [citado 2013 dic 13]. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/polis/v9n25/art10.pdf>
41. Carolino R. Teoría del Caos y el Modelo educativo. [serie de internet]. 2004. [citado 2014 agost 10]. Disponible en <http://www.ucla.edu.ve/dac/Investigacion/VJornadas/Ponencias/06/0601.PDF>
42. Calvo Muñoz C. Complejidades caóticas emergentes y autoorganizadas en la formación del docente comprometido. Santiago de Chile: Universidad de la Serena; 2009.
43. Calvo Muñoz C . Entre la educación corporal caótica y la escolarización corporal ordenada. [serie de internet]. 2009. [citado 2014 ene 29]. Disponible en <http://www.rieoei.org/rie39a04.htm>
44. Collom Cañellas AJ. Teoría del Caos y práctica educativa. Palma de Mallorca: Universidad de Les Illes Balears; 2009.
45. Díaz E. La Teoría del Caos y el concepto de rizoma como modelos posibles para pensar la interdisciplinariedad. [serie de internet]. 2011. [citado 2014 abr. 10]. Disponible en <http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/LA%20TEORIA%20DEL%20CAOS%20Y%20EL%20CONCEPTO%20DE%20RIZOMA.pdf>
46. Ivanov Bonev I. Teoría del Caos. [serie de internet]. 2009. [citado 2014 abril 12]. Disponible en <http://disi.unal.edu.co/~lctorress/PSist/PenSis53.pdf>