

Teoría del caos y educación

(Acerca de la reconceptualización del saber educativo)

por Antonio J. COLOM CAÑELLAS
Universidad de las Islas Baleares

1. La necesidad epistemológica

El orden es el lugar desde el que se piensa y desde donde opera la racionalidad. Por eso la ciencia (de la modernidad) entiende el orden en razón inversa a la incertidumbre por lo que su cometido es aportar verdades, certezas. El caso de la educación es en este sentido paradigmático; el filosofismo de la pedagogía se deshace en el devenir del siglo XX en aras de la racionalidad y especialización que le aportan las ciencias de la educación. En cambio, en la postmodernidad, o cultura social de las nuevas tecnologías, la certidumbre ha perdido su valor; no interesa tanto la verdad como la satisfacción; de la lógica de la razón se ha pasado a la lógica de la necesidad, de tal manera que ha ido desapareciendo el pensamiento fundacional para dar paso a la opcionalidad; afirma D. Lyon (1996, 137) que «admitir la confusión pueden ser formas de socavar y subvertir la arrogancia de la modernidad». En este sentido, la Teoría de Sistemas y las teorías de la complejidad, aportan un primer intento para superar esta posición analítica

y ordenada con un enfoque y un discurso en el que la racionalidad se encuentra no tanto en los saberes externos a la educación sino en la complejidad intrínseca del universo educativo. Por tanto, estos enfoques han legalizado el saber pedagógico desde posturas epistemológicas antagónicas a las propias de la modernidad.

Pues bien, la teoría del caos se opone también a la lógica de la ciencia de la modernidad —la especialización y el orden— pues profundiza aun más en la forma de pensar sistémica al presentarse a modo de *epistemología compartida* al no diferenciar las ciencias naturales de las sociales, lo que en opinión de M. Castells (1999, 91) facilita la inclusión en este nuevo contexto de las tecnologías informativas. Además, la teoría del caos se opone a los supuestos de la razón de la modernidad ya que hace de la complejidad, del desorden, de la entropía... etc, sus escenarios de fundamentación.

Se evidencia una crisis de interpretación al explicar la realidad posterior a la

modernidad, sobre todo para las ciencias sociales, que con metodologías y presupuestos propios del siglo XIX, intentan dar razón de los cambios sociales producidos por la explosión de las tecnologías —primero de masas y ahora de la información— que han hecho de la sociedad un lugar fenomenológico absolutamente diferente; crisis de interpretación que se evidencia a la hora de explicar la innovación, el movimiento y la complejidad. Se huye de especificar la innovación porque produce inestabilidad; se niega el movimiento porque es portador de incertidumbre —G. Balandier (1996, 231) nos dice que «trastoca a las ciencias humanas» porque desplaza las fronteras que delimitan sus territorios de especialización. Por fin, se niega la complejidad porque es indefinida y no se puede abordar con los criterios analíticos propios de la racionalidad moderna.

El intelectual, que debiera manifestarse desde posiciones de incertidumbre al encontrarse «en la línea del tiempo, entre el olvido de las condiciones anteriores y la ignorancia de los estados futuros» (G. Balandier, 1996 233), ha trastocado su papel convirtiéndose en portador de verdades perennes. Si lo social, lo educativo, se caracterizan por su fluidez, por su devenir, no hay duda que, en coherencia, toda posición epistemológico-social debe contemplar estos presupuestos. Por tanto, abordar el fenómeno educativo supone dar cuenta de la innovación, del movimiento y de la complejidad. En cambio, la posición de la *intelectualidad* educativa es totalmente contraria a tales postulados; se estudian cuestiones sin tener en cuenta diferencias, se esquematizan situaciones, se entiende la realidad desde supuestos pre-pensados,

ampliándose más los referentes desde donde se estudia que el conocimiento educativo. Hoy de la educación se requiere capacidad para enfrentarse a realidades complejas relacionadas por redes de sistemas, por un reticulado inextricable, complejo y dinámico. Se necesitan formas nuevas de pensar la educación en un nuevo mundo.

Lo social, lo educativo, es complejo, inabarcable —Luhmann ya criticó a Habermas la posibilidad de estudiar el mundo de la vida— y J. de Rosnay (1996, 25) nos lo recuerda cuando afirma que:

«nuestro razonamiento frente a la complejidad sigue siendo analítico y nuestra imagen del mundo disciplinaria... seguimos extrapolando de forma lineal los datos del pasado, cuando los desarrollos que estamos viviendo no son lineales, son exponenciales, en constante aceleración».

Es decir, nos enfrentamos a los sistemas complejos con herramientas intelectuales y heurísticas de otros tiempos, bajo una mentalidad evolutivo-lineal, que contempla un mundo homogéneo, estable, en el que las mismas causas producen, más o menos, los mismos efectos; no se llega a la comprensión del todo sino que incluso se pierden aspectos específicos y, sobre todo, la calidad de las propiedades del objeto que se estudia. Aunque —y con ello nos enfrentamos a la crítica que ya se realizaba en los años setenta a la Teoría General de Sistemas— los estudios holísticos, o sistémicos, no permiten la comprobación de hipótesis. Independientemente de que ello sea una desventaja, o una posición

aceptada por el investigador, ajena al objeto que se investiga, Rosnai aboga por una combinación analítico-sintética para estudiar la complejidad, exactamente como hace la Ecología que es en el fondo una síntesis sistémica —los ecosistemas— a partir de elementos analíticos —los bióticos y abióticos. En este sentido, la ciencia de la complejidad se reconvierde en la nueva encrucijada, en el punto de encuentro de diversas formas de pensamiento.

Como afirma E. Morin (1980), el saber científico no debe propiciar seguridades sino incertidumbres. Hoy conocer es reconocer la complejidad de las cosas, por lo que cuando mayor es el conocimiento de la complejidad, más alto es el nivel de desorden. Nuestra epistemología debe conjugar entonces complejidad y desorden; la complejidad nace de interacciones muy sencillas y simples y el desorden de la incertidumbre funcional de tales interacciones (G. Nicolis y I. Prigogine, 1997), de tal manera que a mayor complejidad se acrecientan los niveles de incertidumbre. Pues bien, el caos no es más que complejidad incontrolada (H. Cohn, 1995).

La teoría del caos surge en los contextos de la complejidad, del desorden, de la innovación y del movimiento, aportando un cambio de paradigma en referencia al concepto de ciencia que en educación se utiliza habitualmente. La teoría del caos originada en formulaciones matemáticas —sería un «esquema impuesto por estructuras teóricas» (R. Thom, 1993, 63)— se ve luego evidenciada en la realidad físico-natural y social. Posee pues la misma funcionalidad que «las estructuras matemáticas (que) en general han precedido a

su utilización en física y no al revés» (R. Thom, 1993, p. 72). Es una estructura conceptual descubierta en los campos de la abstracción que la realidad confirma; es entonces una *epistemología contrastada* lo que puede ser de gran ayuda para pensar la realidad desde nuevos enunciados.

Como decía, se encuentra contrastada en la realidad pero no valida nada experimentalmente lo que ha sido criticado desde la modernidad, o sea, lejos de los contextos metodológicos propios de los estudios de los sistemas complejos. También ha sido criticada al ser considerada una moda, un ismo más, que, desde la curiosidad matemática, se ha ido expandiendo por el campo de cualquier disciplina hasta generalizarse incluso en el campo del arte. De ahí que D. Hunter (1996) afirme que, desde que la teoría del caos se alejó de la matemática y de la física, se ha ido convirtiendo en una metáfora o astucia imaginativa para mejorar teorías, más que en una referencia utilizable para validar la práctica. Ahora bien, si la teoría del caos sirve para mejorar posicionamientos epistemológicos y aproximarnos a la comprensión de la realidad desde una perspectiva más acorde con sus características, ya cumpliría una meritoria función; es pues suficiente que se reconvierta en un instrumento de verosimilitud, o si se quiere, y siguiendo a R. Thom (1993, 65): «el término teoría se entiende aquí en un sentido muy particular: yo diría más bien que se trata de una metodología, o acaso de una especie de lenguaje».

Contrariamente, se ha dicho, que la teoría del caos está obrando una revolución paradigmática, aunque más la concebimos

a caballo entre un paradigma que entra en crisis y un paradigma que está aun por llegar; es decir, como una manifestación de los desórdenes propios de una articulación, o incluso, como nos advierte Khun, podría tratarse de una de estas teorías que dificultan la aparición del nuevo paradigma. De todas formas tampoco olvidamos que un paradigma se centra en la *posibilidad explicativa*, por lo que cabe interrogarnos si la teoría del caos tiene en el campo de las ciencias sociales y de la educación capacidad explicativa, o si por el contrario, estamos ante un lenguaje —como nos recordaba Thom— con la limitada capacidad de reformulación de situaciones y conceptos. Es difícil contestar a estas cuestiones y más desde las ciencias de la educación, inéditas entre nosotros de análisis caóticos. Sólo sabemos de su aplicación a la economía, y en parte, a la psicología y a la sociología, así como los intentos norteamericanos de carácter tecnológico a fin de lograr cursos de intervención en procesos educativos complejos, tal como los realizados, fundamentalmente, en el campo de la administración escolar.

Es difícil pues definir el estatuto de la teoría del caos: lenguaje, moda, teoría inhibitoria, posibilidad paradigmática; de lo que no cabe duda es que la teoría del caos, y para la educación, puede servir para denunciar las limitaciones de la razón de la modernidad. En este sentido, la teoría del caos es una propuesta para abordar la complejidad de los fenómenos sociales que concurren hoy en día entre nosotros, por lo que su función sería muy parecida a la de generar modelos comprensivos de lo social y de lo educativo. En todo caso, y como nos recuerda R. Thom (1996, 43):

«si el sistema explícito no se conoce por completo (caso de la educación) podemos servirnos entonces de consideraciones cualitativas como las de la teoría de las catástrofes».

Si así fuere, no serían desechables sus ayudas al campo de los estudios educativos.

2. Caos: Teoría y realidad.

El concepto de caos es común a todas las culturas en tanto estado del mundo previo al hombre. En las mitologías vemos que es del caos de donde surge el mundo entendido como orden; G. Balandier (1996, 20 y ss.) nos dice que el rito es la ceremonia que aleja el caos y mantiene el orden. De ahí surge la tradición que no es sino mantener y conservar el orden que se tiene, ya que todo cambio produce inseguridad, además de ser una vuelta atrás, a lo desconocido, a lo caótico, de tal manera que para Balandier la tradición puede ser vista como el texto constitutivo de una sociedad. Pues bien, en un principio, se consideró que la ciencia estudiaría el orden real, el que mantenía la tradición, que era por otra parte lo que aceptaba la religión —en este sentido el caso de Galileo nos resulta paradigmático. No obstante, pronto se generó la contradicción entre orden y ciencia, porque esta última rechazó el mito y negó las antiguas creencias que habían sido baluarte de la seguridad y de la cohesión social. Pues bien, hoy en día, la teoría del caos en palabras de Balandier hace reaparecer las raíces desvanecidas y tanto tiempo ocultas; se ha vuelto a redescubrir el caos, porque nos es necesario que una teoría sea una proyección mental sobre la infinita complejidad de la naturaleza. Si

tenemos en cuenta que teoría y teatro provienen de la misma raíz griega no hay duda que una teoría es, además, el gran teatro de la mente.

Los orígenes de la teoría del caos se deben a los trabajos de Jules Henri Poincaré que ya a principios del siglo XX llegó a plantear el concepto de totalidad como sinónimo de caos, aunque hay autores que ven en el *Essai philosophique sur les probabilités* publicado en 1814, por P. S. Laplace, el verdadero origen de tal teoría (E. Macpherson, 1995, 263 y ss.). Ahora bien, en sentido estricto, la teoría del caos surge en los años setenta a partir de los trabajos de E. Lorenz, profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts, de Ilya Prigogine de la Universidad Libre de Bruselas y de Jim Yorke de la Universidad de Maryland. La teoría del caos se asienta en las matemáticas y en la explosión de la tecnología computacional, aunque se le reconoce el mérito de haber roturado el sentido que de ciencia hemos tenido hasta ahora: «para la ciencia, un fenómeno es ordenado si sus movimientos se pueden explicar en un esquema de causa y efecto representado por una ecuación diferencial» (J. Briggs y F. D. Peat, 1994, 23). O si se quiere formular de otra manera, diremos que el principio de razón insuficiente depende de la simetría de la información y de la consistencia del razonamiento (D. J. White, 1990, 92); en cambio, la teoría del caos, se basa en una formulación de ecuaciones no lineales sobre procesos o movimientos altamente sensibles a los cambios que afectan a sus condiciones iniciales.

La teoría del caos pretende comprender la complejidad —lo que le lleva a des-

cubrir la contingencia de los sistemas— así como la dirección del cambio de los sistemas a través del tiempo, (M. Russ, 1992, 147). En este sentido, cabe hablar de la gran dificultad de predicción de las conductas de los sistemas dinámicos y complejos, ya que la posibilidad de intuir el comportamiento de un sistema se halla en el número finito y mensurable de los elementos que lo componen, de tal manera que como nos indica J. M. Asensio (1997, 24), si se conoce la posición de una partícula y la ecuación que describe su movimiento queda definida su trayectoria futura. En caso contrario, la física mecanicista, ante un sistema de un número indefinido de elementos, aplicaba la matemática de la probabilidad.

En cambio, a la luz de la física cuántica, la realidad, es indeterminada por lo que su conocimiento jamás puede ser exacto. D. J. White (1990, 96) nos dice que la naturaleza es:

«un inmenso proceso estocástico. Incluso, los elementos físicos, tales como los electrones, eligen su conducta. Son impredecibles y no existen leyes que predigan nunca, pese a las proposiciones condicionales que construimos, tal conducta».

Es decir, el desarrollo de la mecánica cuántica así como el principio de incertidumbre que formulara Heisenberg, cambian la lectura de la naturaleza en el plano de la ciencia, si bien en el seno de las ciencias de la educación, —y a pesar de las décadas transcurridas— estas propuestas no se han tenido en cuenta. Pues bien, la teoría del caos puede solucionar tal situa-

ción al servir de nuevo modelo conceptual a la hora de abordar las características del conocimiento pedagógico.

Aunque su origen se encuentra en el estudio de los modelos predictivos de carácter meteorológico, la teoría del caos estudia sistemas que contravienen el principio del sentido común, (como el engaño al que son sometidas generaciones tras generaciones de bachilleres con la teoría de la gravitación universal de I. Newton, cuando resulta que su teorema sólo se cumple en el caso de dos cuerpos ya que, en un sistema de tres o más elementos que se atraen con fuerzas gravitatorias, su comportamiento es imprevisible). O sea, estudia sistemas no lineales, o evoluciones de situaciones formuladas a través de ecuaciones no lineales. Ahora bien, resulta que el comportamiento de un elemento sometido a tales cálculos no es predictivo pues su tendencia más que adaptativa, es fruto de una realimentación positiva que agranda las diferencias respecto a su evolución lineal y predecible. Pues bien, estos comportamientos no esperados se hallan en relación a procesos que son altamente sensibles a las condiciones iniciales en que se producen, de tal manera que son estas diferencias desconocidas, que por lo general se encuentran en las situaciones iniciales de los sistemas, las que producen las conductas turbulentas o situaciones caóticas.

Como afirma J. Copeland (1996, 239) «un error arbitrariamente pequeño en la descripción de su estado inicial (de un sistema) nos llevará a predicciones brutalmente equivocadas sobre su conducta». De ahí que se diga que la Teoría del Caos estudia

la dependencia sensible de las condiciones iniciales de un sistema y obviamente, todo ello sucede, cuando no podemos medir exactamente su situación primaria o inicial, de tal manera que se puede afirmar que «el caos se origina en el no conocimiento de las condiciones iniciales del sistema» (J. M. Asensio, 1997, 28). Referirse a un pequeño error, o desconocimiento de las condiciones iniciales de un sistema como generador de procesos caóticos o imprevisibles, significa hablar de casos tan extremos como las brutales diferencias que se dan al formular ecuaciones no lineales con tres o seis decimales; la sensibilidad de los sistemas caóticos es tal que «todo intento de medir algo es una operación sobre el sistema que cambia en algún sitio la conducta del sistema y nunca sabemos como», (D. J. White, 1990, 96). En fin, que la teoría del caos se basa en la formulación de ecuaciones no lineales sobre procesos que son altamente sensibles a las diferencias que se producen en su estado o condición inicial; además, descubre que la imprevisibilidad del comportamiento sistémico aumenta con el tiempo.

La teoría del caos no se refiere a ningún campo de estudio concreto por lo que no hay contenidos que definan su campo de trabajo; es en todo caso una teoría particular acerca de fenómenos inicialmente no precisados, por lo que creemos puede optar a la fundamentación de una teoría de la educación pues la educación es un sistema trivial, indeterminista, del que desconocemos con exactitud las situaciones iniciales de sus procesos. El saber educativo puede entonces reformularse de acuerdo a la teoría de los sistemas caóticos.

La teoría del caos se centraría en proporcionar una visión holística de los procesos no lineales que describe, o sea, el comportamiento de un sistema a través del tiempo. Como decíamos, la teoría del caos tiene su contexto natural en la Teoría General de Sistemas, pues los estados caóticos se dan en los sistemas complejos que acarrearán dificultad a la hora de definir sus características y elementos en un momento inicial de su proceso. Por tanto, esta vocación holística de la teoría del caos hace que defina los procesos por medio de sus relaciones internas y por las relaciones que entabla con su externalidad. Es importante insistir en ello porque la teoría del caos en relación a la teoría de sistemas incide exclusivamente sobre los procesos y no sobre las estructuras. Es lo que señalan J. Briggs y F. D. Peat (1999, 116) cuando afirman que

«la complejidad o la simplicidad no están presentes de modo inherente en los propios objetos, sino en el modo en que las cosas interactúan entre sí y nosotros con ellos».

La teoría del caos describe además las irregularidades de los procesos, por lo que ha sido vista como una teoría de lo incierto; nos lo recuerda A. Moles (1995) al decir que será necesario reformular nuestros conocimientos a la luz de la ciencia de lo impreciso. Se enfrenta entonces al sentido de la ciencia que busca el orden de la naturaleza, la regularidad y la predicción explicativa de procesos, o sea, al sentido tradicional de la ciencia, que es aún dominante en el ámbito las ciencias sociales. Además, el carácter irregular --caótico-- de los procesos que describe son irreversibles ya que el tiempo determina perma-

nentemente dichos procesos, lo que se enlaza con los fenómenos entrópicos a los que más adelante nos referiremos.

En síntesis, los sistemas caóticos se caracterizan por ser sistemas no lineales, complejos, por basarse en la irregularidad y en la incertidumbre, por poseer una gran sensibilidad a sus condiciones iniciales y no tener mecanismos de retroacción o de adaptación interno-externa. Por tanto, y en relación a la Teoría General de Sistemas, la teoría del caos se distingue por estudiar:

a) sistemas dinámicos no lineales, o si se quiere, sistemas muy complejos que evolucionan en el tiempo de manera alineal;

b) sistemas cuya conducta futura no se puede anticipar a partir de sus patrones pasados; por tanto no se refiere a sistemas deterministas o predictibles. Es de alguna forma lo que nos proponen J. Briggs y F.D. Peat (1994, 175-177) cuando nos dicen que los intentos de hacer predicciones sufren un destino caótico porque los modelos no pueden tener en cuenta la interacción total de los elementos de un sistema dinámico sensible, ya que cuando más complejo sea el sistema más alejados están la causa y el efecto entre sí;

c) sistemas de los cuales carecemos de información, ya que son exactamente los «agujeros de información» los que nos impiden la predicción y el control. En este sentido la «información faltante» se refiere a las condiciones iniciales en que se encuentra el sistema;

d) sistemas de inestabilidad perenne —o sistemas caóticos deterministas— (J. de Rosnay, 1996, 37), ya que no poseen

mecanismos de retroacción o de control adaptativo. Al contrario, sus retroacciones son positivas, es decir que en vez de restar o regular las diferencias respecto al comportamiento esperado del sistema, para así ajustar la conducta del mismo a su trayectoria, (retroacción negativa), actúan de forma totalmente opuesta distorsionando al sistema y aumentando las diferencias en relación a la conducta esperada del mismo. Antes, se decía, que los sistemas sin retroacción negativa y exclusivamente dotados de retroacciones positivas acababan destruyéndose; hoy, a la luz de la teoría del caos, decimos que este tipo de sistemas evoluciona permanente e irregularmente bajo la dialéctica orden-desorden;

e) sistemas muy sensibles a los cambios, pues no sólo las diferencias de sus condiciones iniciales pueden propiciar conductas caóticas sino también la más mínima discontinuidad —o bifurcación (R. Thom, 1993, 79)— en su proceso o evolución. O sea, que la aparición de comportamientos turbulentos o no periódicos, aumenta el posibilismo del caos (G. Nicolis y I. Prigogine (1997, 176).

Ahora bien esta formulación matemática, este modelo conceptual evidenciado a través del cálculo de ecuaciones no lineales, ¿se manifiesta en la realidad?. Este interrogante, a todas luces pertinente e incluso necesario, sorprende en su respuesta pues gran cantidad de fenómenos se comportan atendiendo a las características enunciadas por la teoría del caos. Un trillado ejemplo de una situación caótica es la que nos refiere J. Copeland (1996, 238) cuando nos habla del comportamiento de tres corchos en un río; una pequeña diferencia en la posición de partida —medio

centímetro— puede convertirse en una gran distancia tras cincuenta metros de proceso. Pues bien, podemos reseñar que se dan desórdenes de este tipo —caóticos— en la atmósfera, en el mar, en las fluctuaciones de las poblaciones primitivas, en las oscilaciones de los ritmos cardíacos, en las ondas cerebrales. También podemos hablar de comportamientos caóticos en las turbulencias de los líquidos, en la subida del humo, en el tiempo atmosférico, en el comportamiento de los electrones, en las economías nacionales, en las fluctuaciones de la bolsa, en los sistemas ecológicos, en los procesos metabólicos de las células, en la expansión de algunas enfermedades infecciosas, en algunos ataques cardíacos, o en las conductas de las redes neuronales del cerebro humano.

El caos posibilita la vida y la inteligencia ya que el cerebro (J. Briggs y F.D. Peat, 1999, 166) es un producto no lineal de una evolución no lineal en un planeta no lineal. El cerebro es un sistema inestable que sin embargo conduce y logra la formación de nuevos órdenes al igual que las situaciones caóticas. Los mismos autores (p. 84) analizan también el funcionamiento caótico del corazón. Un corazón sano debe tener pulsaciones arítmicas pues si fuesen rítmicas entrarían en una situación entrópica que culminaría con su parálisis, es decir, con la muerte. Un corazón mecánico y regular, con falta de flexibilidad, no podría permitir que un ser cambiase de velocidad o de ejercicio. La alternancia caótica del corazón nos regulan la vida así como la no linealidad del cerebro nos aporta la inteligencia.

Como nos indica J. de Rosnay (1996, 42

y ss), las formas diversas y automáticas del vuelo conjuntado de miles de estorninos es un buen ejemplo de comportamiento caótico puesto que las formaciones que realizan son absolutamente imprevisibles. Ahora bien, a pesar de ello, los estorninos vuelan sin chocarse entre ellos, debido a que «unas reglas simples aplicadas por una multitud de agentes que actúan en paralelo hacen emerger un comportamiento colectivo inteligente». O como afirma en otro lugar (p. 22), «la complejidad emerge de la simplicidad compartida», (caso de una clase escolar). Es a lo que se ha denominado fenómeno de la resonancia que según J. Briggs y F. D. Peat (1999, 2007), se produce cuando los sistemas vibran u oscilan en simpatía unos con otros —el caso de los estorninos— haciendo que las mínimas conexiones entre ellos magnifiquen gradualmente su interacción mutua. Es decir, las diferencias en el punto de partida generan formas caóticas a través de retroacciones acumulativas (retroacción positiva o de carácter diferenciador).

La teoría del caos —que no se olvide contempla la materia (electrones), la vida (células, corazón) y la inteligencia (cerebro)— se opone a la ciencia de la modernidad, que nunca ha querido ver el lado irregular de la naturaleza, negándose a explicar la discontinuidad, lo que D. Griffiths y colaboradores (1991) denominan el «lado errático» de la naturaleza, analizada siempre de forma analítica y lineal y bajo la visión del orden. Pues bien, quizás ha llegado el momento de tener otra visión de la naturaleza y también de los fenómenos sociales y educativos. A estas alturas ¿quién se atrevería a decir que la educación es un fenómeno lineal y predecible? Acaso ten-

gamos que cambiar el posicionamiento del investigador y modificar su atalaya del orden por el conglomerado de un puzzle. De todas formas no debe confundirse el caos con la desorganización. El caos, a pesar de su retroacción positiva, posee mecanismos de autorganización. La dialéctica orden-desorden de los sistemas caóticos nos dará razón de ello.

3. Los determinantes caóticos

Para culminar su presentación estudiaremos los aspectos más específicos de la teoría del caos por lo que nos adentraremos por los caminos más singulares de la formulación caótica. En primer lugar, se analizarán los fenómenos entrópicos; luego, plantearemos tres aspectos que son los que mayor identidad propician a la teoría caótica, y que forman el núcleo de su complejidad —me refiero a las estructuras disipativas, a los atractores y a los fractales. Por último, abordaremos las relaciones del caos con el orden y el desorden

3.1. Caos y entropía

Los procesos irregulares que describe la teoría del caos son irreversibles a lo largo del tiempo, lo que implica la aparición de fenómenos entrópicos pues el tiempo determina los procesos hacia el desorden-orden tal como nos advierte la segunda ley de la termodinámica. Es decir, la entropía presupone el caos puesto que lo entrópico tiende a acabar con lo establecido. El universo lineal newtoniano requiere de nuevas energías que de todas formas serán inútiles, vista la fuerza entrópica, a no ser que la propia entropía forme parte, o sea un caso más, del orden newtoniano.

T. Ferris (1998, 38 y ss.) hace un análisis

sis preciso de las relaciones entre entropía y orden al afirmar que existe una permanente sucesión de órdenes aunque esta sucesión crea a su vez desórdenes. Una vez más nos encontramos con la relación —inmanente— entre desorden y tiempo; es decir, los elementos configuradores de la entropía. Por su parte, G. Balandier (1996, 49 y ss.) nos da una explicación precisa de la entropía en relación a los sistemas simples y complejos, avisándonos antes que la entropía es «el principio predominante que rige las nuevas configuraciones del pensamiento científico». Veámoslo.

El siglo XIX, con la máquina de vapor hizo que de la mecánica —autómatas, artefactos de orden inmutable: el reloj como clásico ejemplo— se pasase a la termodinámica, o sea a la transformación del movimiento en energía calorífica; pues bien, es este cambio, el que posibilitará cuestionar la concepción de orden y equilibrio. Como se sabe, fue Classius, junto con Carnot, quienes descubrieron que en todo sistema térmico se daban, por una parte, corrientes útiles de calor que compensaban la conversión de energía en el curso del ciclo, y por otra, las denominadas corrientes perdidas —disipadas— en el curso del ciclo que no podían ser reconducidas de nuevo a la fuente para reinvertirlas en el funcionamiento de la máquina. En el caso de la primera energía se trata de una energía libre, capaz de culminar los efectos mecánicos; en cambio, la segunda, se encuentra ligada al sistema. Lo que ocurre es que parte de la primera energía se transforma en la segunda durante el ciclo, es decir se da una degradación cualitativa de energía, que es a lo que se denominó entropía (G. Balandier, 1996, 50). Pues

bien, de la entropía surge, como hemos visto, la irreversibilidad —el segundo tipo de energía no se puede reconvertir en energía del primer tipo a lo largo del ciclo— por lo que el tiempo, —ciclo— es la variable que desarrolla la entropía.

Cuando, Boltzmann estudió la entropía en sistemas complejos de múltiples partículas —los gases— a través de la matemática probabilística, llegó a la conclusión de que «el aumento irreversible de la entropía puede ser interpretado como la expresión del acrecentamiento del desorden molecular» (Balandier, 1996, 51). Es decir que en la termodinámica estadística la progresión de la entropía y la extensión del desorden en el sistema vienen a ser sinónimos. Como menciona T. Ferris (1998) el orden y el azar se encuentran asociados, o lo que es lo mismo, los sistemas aunque ordenados tienden y evolucionan hacia el desorden; la relación de la teoría del caos con la entropía es tal que incluso puede decirse que lo caótico surge de lo entrópico.

3.2. Los conceptos caóticos

Revisaremos a continuación los más elementales:

A) *Las estructuras disipativas*

Se dice que los sistemas caóticos son sistemas con estructuras disipativas (D. Griffiths y col. 1991, 432), o como acabamos de afirmar al hablar de la entropía, son sistemas que «disipan» energía. J. M. Asensio (1997, 49) nos lo especifica cuando nos dice que son

«sistemas que consumen mucha energía e informaciones para mantener su nivel de complejidad, a la par que se muestran muy sensibles a las fluctuaciones ambientales».

El concepto disipativo proviene de Prigogine y de sus estudios en termodinámica no lineal. Resulta que el desorden —o sea los sistemas entrópicos— disipan energía —crean estructuras disipativas— siendo esta *disipación*, o pérdida de materia y energía, fuente de un nuevo orden o estructuración de los sistemas. Así pues, orden y desorden se encuentran asociados.

B) *Los atractores*

Debido a su evolución y constantes cambios de estado, las condiciones de los sistemas caóticos nunca son idénticas; pues bien, este fenómeno se explica diciendo que tales tipos de sistemas obedecen a atractores extraños, que son los causantes de las conductas imprevistas, típicamente caóticas. Por tanto, el futuro de un sistema depende de lo que se denomina atractor. Fue D. Lorenz el primero que habló de atractores cuando simuló el flujo o evolución de formas caóticas y descubrió a través de la pertinente graficación en un ordenador como se producían configuraciones que surgían progresivamente del desorden, y como en función de ellas, se configuraban sistemas caóticos. Pues bien, a este fenómeno se le dio el nombre de atractores extraños.

Tales configuraciones vienen definidas por J. Briggs y F.D. Peat (1994, 36) al afirmar que en un espacio de fases —o espacio en donde es posible la temporalidad— un atractor es una región o un punto «que ejerce una atracción magnética sobre un sistema y parece arrastrar el sistema hacia sí». Estos mismos autores, a modo de ejemplo, afirman que en el sistema péndulo, el atractor sería el punto o región hacia donde tendería a pararse el péndulo. En el

fondo, un atractor es un autoorganizador del caos pues como dice D. Hunter (1996, 17) un atractor es cualquier punto simple dentro de una órbita que parece atraer el sistema hacia sí. J. Briggs y F.D. Peat, en una obra más reciente (1999, 83), dan una explicación de síntesis entre su definición y los gráficos descubiertos por el meteorólogo E. Lorenz: cuando un sistema posee un atractor significa que si se codifica en forma de gráfico la evolución del sistema en un espacio matemático, el gráfico mostrará que el sistema va repitiendo el modelo graficado, de tal manera que puede decirse que es atraído hacia él, pues si alteramos al sistema a fin de que se aparte de su comportamiento, vemos como tiende a volver hacia él tan rápidamente como puede. El caos pues se configura a través de un autoorganizador sistémico.

C) *Los fractales*

Fue Benoit Mandelbrot (1983) quien ya en 1963, puso las bases de la denominada geometría fractal o geometría de las formas irregulares. Nos dice que un fractal es una forma o estructura que siempre es similar a sí misma independientemente del nivel al que se observe. Es pues una estructura repetitiva sin límite, hasta el infinito. Estamos, como explicaré a continuación ante la paradoja que nos oferta la teoría del caos, paradoja que sin duda es a su vez caótica.

Mandelbrot explica que los fractales se refieren a las formas realizadas por la acción de sistemas dinámicos caóticos, siendo representaciones o visualizaciones del caos en cualquier tipo de sistemas, de tal manera que los fractales son también representaciones de las acciones que el caos

ejerce en la naturaleza. Por ejemplo, la línea de una costa es fruto de la dinámica caótica propiciada por la erosión de las olas marinas (entre otros agentes impredecibles); pues bien, en el fondo, el contorno de una roca es el mismo que el contorno de un acantilado, y el de éste es similar al de la costa de toda una isla, de la misma manera que la hoja de un helecho se acoge a la misma forma que el helecho arbusto. El cerebro es asimismo un fractal pues, aunque diferentes, poseen las mismas formas.

Se llega a la conclusión —y aquí está lo paradójico— que la realidad es autosemejante. En este sentido afirman J. Briggs y F. D. Peat (1999, 148) que en la naturaleza se da una autosemejanza fractal entre el micro y macro cosmos, ya que una simple célula no deja de ser —y este sería un ejemplo extremo pero no por ello menos cierto— un microcosmos fractal de lo que ha conseguido la vida sobre la tierra (p. 194). Se dice que los sistemas caóticos crean fractales ya que un mismo principio de modificación aplicado sistemáticamente a cada nueva formulación va creando estructuras de complejidad extraordinaria (J. de Rosnay, 38) que nos aportan una visión unificada de la naturaleza y de la realidad. Efectivamente, los fractales dibujan, tal como se puede ver en la pantalla de un ordenador, la paradoja caótica pues una misma línea definidora de la simplicidad es la misma que crea la complejidad; los sistemas caóticos poseen simetrías recursivas generadas en sus condiciones iniciales (D. Griffiths y col. 1991, 433). Así pues, orden y desorden, simplicidad y complejidad, y alternancia constante de estos principios, conforman la esencia definitoria de los sistemas caóticos.

3.3. La dialéctica orden-desorden

La dialéctica orden-desorden es una de las cuestiones más expresivas de los sistemas caóticos. Un ejemplo nos lo aportan J. Briggs y F. D. Peat (1994, 70) cuando dicen que si sacásemos al número pi ($3'14$) millones de decimales no se daría ninguna repetición o fracción periódica, con lo que no existe posibilidad de calcular la circunferencia de un círculo, considerado siempre una figura geoméricamente perfecta y ordenada. De donde se desprende que el orden no es más que un caso particular de desorden.

La entropía —el caos— es también una característica de los sistemas ordenados; si la meta de la vida hubiese sido el orden —la adaptación— el cambio evolutivo —tal como se ha dicho— hubiese culminado con las bacterias. Por tanto, no es aventurado afirmar que «el desorden es el caldo de cultivo de un nuevo orden» (J. M. Asensio, 1997, 13), o sea, el caos mantiene la cohesión y la evolución del universo ya que, como nos dice Castells (1999, 91), la complejidad nace de la simplicidad, como el orden del caos y viceversa, en una sucesión permanente de órdenes superiores de caos y de organización. J. Briggs y F. D. Peat (1999, 7) afirman que:

«vivimos dentro de movimientos que afectan a los demás, como los de los demás nos afectan a nosotros y todo ello crea un caos imprevisible a muchos niveles. Sin embargo dentro de ese mismo caos han nacido todos los órdenes psicológicos y físicos que conocemos».

Al punto en el que el orden se transforma en caos se denomina *bifurcación*, sien-

do pues la bifurcación la generadora de la inestabilidad sistémica.

El orden es consecuencia del caos y el caos posibilita el orden en constante alternancia. En ello reside el éxito de la evolución. Creemos sinceramente, que el estudio de los fenómenos sociales —y entre ellos el educativo— tiene necesidad de adaptar mucho de los aspectos hasta aquí analizados. ¿Existen atractores pedagógicos? ¿Podemos hablar de fractales educativos? ¿Es posible —acaso necesaria— una teoría caótica de la educación? Creo al menos que la Teoría de la Educación no puede mantenerse en base a configuraciones ordenadas y sistematizadas del hecho pedagógico ya que, como hemos visto, la realidad, nos indica que toda ordenación educativa es fruto de una situación caótica previa, por tanto, quizás sería necesario considerar lo caótico de la educación. Son muchos los interrogantes que se nos abren si queremos ser sensible a la evolución del pensamiento y de la ciencia.

4. Los posibilismos pedagógicos de la Teoría del Caos

El debate esta servido: ¿epistemología, modelo, simulador, metáfora o simple moda?. Quizás sea aun, y como afirma E. Macpherson (1995, 267), una simple metáfora, pero muchas veces las metáforas nos ayudan a ver mejor la realidad. La teoría del caos en el ámbito de la educación se mueve entre todas estas propuestas y alguna más que añadiría: servir de reflexión a las teorías elaboradas en función de posiciones o puntos de vista que pertenecen exclusivamente al realizador de la teoría y no tanto a la realidad sobre la que se quie-

re explicitar tal teoría. De principio se podría concebir como una ampliación de la aplicación del enfoque sistémico a la educación para explicar sus dinámicas y como se transforman las organizaciones y los procesos.

No hay duda que la realidad social posee capacidad de dinamismo y de cambio —incluso de cambios imprevisibles. G. Balandier (1996, 148 y ss., 182 y ss.) nos expone algunos ejemplos de desorden social que conviven entre nosotros: los nuevos conceptos de clase (clase de edad, de género), la desidentidad de los valores, las nuevas tecnologías que nos conducen a la sociedad abstracta o sociedad red, de la que habla M. Castells, las oscilaciones bursátiles, la violencia, el sida, el terrorismo, elecciones políticas en las que el voto popular actúa como atractor caótico, los nuevos movimientos sectarios... etc; por tanto, como afirma el mismo autor, «la contingencia y la discontinuidad, la limitación del determinismo y la capacidad creadora de nuevas coyunturas son vigorosamente afirmadas» (pp. 72 y 73). Lo social no está establecido en lo permanente sino en lo inacabado, por lo que orden y desorden conviven al mismo tiempo formando parte de la misma realidad.

Otra perspectiva caótica de lo social nos la aporta M. Russ (1992, 168), al decirnos que los individuos tienen objetivos individuales, aunque al mismo tiempo conspiran y cooperan socialmente; paralelamente, actúan por causas finales si bien sus causas finales cambian con el tiempo. A su vez, estas causas se orientan por la racionalidad y por el deseo, y su consecución, depende de acciones y conductas anterior-

res. Como se ve, metáfora o no, la realidad individual y social permiten una lectura caótica. La toma de decisiones es otro ejemplo que evidencia la conducta caótica a nivel individual pues como indican D. Griffiths y col. (1991) no se ha podido dar una explicación coherente de la misma.

Si la educación se concibe como un subsistema del sistema social no repele a la razón que parte de las tensiones que la dialéctica orden-desorden desarrolla en la sociedad no se puedan dar también en el ámbito de la educación, máxime cuando ésta, debe concebirse como un sistema dinámico, hipercomplejo, cambiante y que evoluciona en el tiempo. Por tanto, a partir de aquí, intentaremos evidenciar las debilidades caóticas de la educación.

1) El sistema educativo es contradictoriamente caótico pues por una parte, como afirma J. M. Asensio (1997, 29), «educar es acotar las incertidumbres caóticas del individuo», si bien, al mismo tiempo, la vida del hombre es esencialmente un proceso cognitivo. O sea, que la educación, por una parte, integra al hombre en el orden social, y por otra, le aporta nuevas informaciones y reestructuraciones personales (desorden). Por tanto, en la esencia de la educación, encontramos la dialéctica orden-desorden, explicitada por la teoría del caos.

2) El desarrollo, o sea, el propio posibilismo educativo, es analizado por J. M. Asensio (1997, 31 a 48) desde una perspectiva caótica. En primer lugar, nos recuerda que desarrollarse es protagonizar un curso temporal de transformaciones ya que

la estimulación ambiental afecta a las conexiones nerviosas presentes en el neocórtex. A partir de aquí nos informa que el desarrollo de las capacidades perceptivas, cognitivas y conductuales se convierten en atractores de la dinámica de transformaciones que la propia educación promueve, por lo que una misma intervención educativa pueda obtener resultados diversos. Aquí podríamos plantear cuestiones tales como la motivación, el refuerzo, el interés, las actitudes, que en unos mismos ambientes educativos y bajo unos mismos estímulos, se acogen a posiciones y resultados diferentes. Incluso las influencias familiares son disipativas (diferencias ideológicas entre padres e hijos... etc). Los procesos caóticos tanto se dan en el desarrollo de las personas, lo que nos impide una previsión de su evolución, como en los procesos educativos, que siendo idénticos o paralelos poseen grados diversos de eficacia y de previsibilidad; por tanto, si conjuntamos desarrollo y educación difícilmente podremos definir la evolución de las personas.

3) Una cuestión determinante y generadora de las situaciones caóticas son las diferencias de partida en la evolución de los sistemas, por lo que las diferencias familiares y entre familias, ya incide en los niños cuando llegan a las escuelas infantiles, y no hablemos de aquellos que no se incorporan a las mismas. El sistema educativo se caracteriza pues por la diferencia de origen de los elementos que lo componen, que es la situación propiciatoria del caos, y por su evolución, que consiste en igualar a los alumnos, dándoles empero nuevas informaciones, por lo que se esta-

blece en el sistema y en el sujeto una situación compleja y contradictoria.

4) No nos extrañe pues si la teoría del caos se ha utilizado para explicar el comportamiento humano (M. Russ, 1992), sobre todo en la adolescencia y juventud donde el sentido de la información y desarrollo cognitivo choca más frontalmente con las estructuras prefijadas —familia, escuela, sociedad— tal como evidencian los problemas típicos de esta edad. (R. Halsall y M. Cockett, 1996). Aquí el caos explicaría dos estructuras disipativas: la de la infancia a la adolescencia o a la juventud y la de ésta a la vida adulta. Por tanto, no nos sorprende que la orientación educativa haya sucumbido a los modelos caóticos (J. Lasonen, 1997). La violencia en la escuela podría también analizarse desde los planteamientos propios de la teoría del caos.

Dentro del ámbito comportamental la teoría del caos también se aplica para lograr una mayor comprensión de los trastornos de personalidad, utilizándose en psicología clínica (I. Neumann; C. Wessinger y R. Bobner, 1993, 5); así, ha servido para generar modelos de funcionamiento del cerebro, puesto que como nos indican J. Briggs y F. D. Peat (1999, 39), «los trastornos mentales aparecen cuando las imágenes del yo se vuelven rígidas y cerradas, limitando una respuesta al mundo abierta». O en otras palabras, el caos es mentalmente saludable.

5) El aprendizaje ha sido también objeto de análisis caótico, tal como nos evidencian B. Davis y A. J. Sumara (1997, 6), al explicar que la funcionalidad cognitiva se encuentra «en términos de correspon-

dencia entre las representaciones subjetivas y el objetivo exterior (el mundo)»; es un desarrollo interno de representación de una realidad que es percibida como algo externo e independiente del agente cognitivo, lo que les lleva a postular una crítica a las teorías conductistas y constructivistas del aprendizaje que tienen su retraducción en material escolar y en esquemas didácticos de carácter formulativo. Su alternativa es la que denominan teoría interpretativa —*enactivist theory*— basada en un aprendizaje plural y complejo, grupal y comunitario, a través de múltiples vías o fuentes de información, —que el alumno ha de interpretar para así crear el conocimiento— pues consideran que en la complejidad y en la desorganización se dan los procesos cognitivos más adecuados para el aprendizaje autoformativo.

Se plantea pues una teoría para el aprendizaje complejo y para enseñar desde la complejidad. Si el aprendizaje es ordenar y personalizar la información, las formulaciones curriculares ordenadas y mecanicistas no aportan capacidad de aprender; sólo se aprende si es el sujeto quien cognitivamente logra, desde la complejidad, interpretar y ordenar el conocimiento. Con ello se propiciaría, además, una educación transformadora antes que reproductora. La teoría interpretativa de B. Davis y D. J. Sumara presupone una enseñanza de la complejidad a través de la complejidad misma, a fin de que sea el sujeto quien ordene el conocimiento adquirido. Es por tanto una adaptación de la teoría del caos para propiciar un modelo de aprendizaje que incide en la transformación del currículum, y en la formación

de profesores, que tendría que basarse a su vez en procesos enactivos, si es que se me permite la expresión.

6) El currículum también ha sido analizado desde la perspectiva del caos. E. Macpherson (1995, 273) define el currículum como «atractores reordenados por autores e ideologías que conllevan a sistemas de enseñanza absolutamente diferentes». Es decir que el currículum posee capacidad de reordenar la escuela de múltiples maneras creando en el sistema educativo, y desde esta perspectiva, una situación caótica diferenciada según los centros e incluso según los profesores, lo que conlleva a múltiples consecuencias azarosas en el campo del aprendizaje y de la cognición. En consecuencia, es necesario renegociar el orden escolar y tomar conciencia de las disonancias que propician atractores curriculares tales como las planificaciones inadecuadas, los currículums inaplicables, los múltiples modos de comunicación, las decisiones, las relaciones interpersonales, las inhibiciones, las interferencias..., etc., dándose además el problema añadido que en cualquier aplicación curricular entran en funcionamiento todos los atractores (p. 271 y 272); además el currículum y el aprendizaje son fractales pues de la simplicidad individual se reiteran sucesivamente en órdenes más complejos.

7) De todas formas quizás sea el tema de la organización y administración educativa, la cuestión que más interés bibliográfico ha despertado en relación a la teoría del caos ya que incluso se ha aplicado para solucionar problemas escolares en centros suburbanos de rápido crecimiento de conflictos (D. Griffiths y col. 1991, 441 y ss.).

Los mismos autores consideran que la situación inicial de conflicto o de desajuste que pueda tener una administración educativa es determinante en las bifurcaciones azarosas o caóticas que se produzcan en el futuro, de ahí que consideren que toda administración debe ser estudiada bajo esquemas caóticos y no funcionales. La administración funcionalista es reconocida por H. Gunter (1995) como administración jurásica, que al asentarse en funciones determinadas y estereotipadas es incapaz de reaccionar ante situaciones inesperadas, o conflictivas.

H. Gunter, parte de la idea que una organización caótica es más eficaz en ambientes turbulentos —el gran interés en Estados Unidos por la teoría del caos en la administración educativa se encuentra en relación directa al aumento de conflictos y de violencia en los centros escolares— pues aporta la misma característica del ambiente, es decir ser una organización irracional, que es la única que posee capacidad de respuesta al mundo de hoy (J. D. Dale, 1997, 21), o si se quiere, a las estructuras disipativas, ya que los fallos organizativos actuales provienen de la incapacidad de responder a las condiciones del medio. Por tanto, es necesario incluir cambios en la gestión e integrar las turbulencias, lo no esperado, a fin de patrocinar un modelo flexible, espontáneo, que el propio H. Gunter denomina *day-to-day* (p. 15).

Este modelo caótico de organización se basa en la autogestión, en la innovación y en la apelación a la creatividad para solucionar los conflictos, de tal manera que llega a ser un modelo emancipatorio de organización (H. Gunter, 1995, 17). De to-

das formas requiere un líder que incluya la cultura del consenso y dinamice el cambio en el centro; se trata de lograr una organización para el cambio, para el día a día, tanto en comportamientos personales como en acciones organizadas, teniendo en cuenta a los individuos y a sus expectativas. En cambio, otros autores sugieren un balance organizativo intermedio entre la organización caótica y el orden (J. D. Dale, 1997). De todas formas de lo que no hay duda es que los administradores educativos americanos están realmente fascinados por la teoría del caos, (R. Jones 1994, 21), lo que se evidencia en la múltiple bibliografía que sobre la cuestión se ha ido generando en los últimos años (D. Hargreaves, 1995).

5. Recapitulación

Lo analizado hasta el momento ocupa todo el universo educativo: el desarrollo de los educandos, el comportamiento, las implicaciones psicológicas, el aprendizaje, el currículum, la administración educativa, la vida familiar, la escuela infantil..., etc, aceptan explicaciones y comprensiones desde la teoría del caos. Existe pues basamento suficiente para una lectura teórica de la educación desde tales posturas. Incluso es necesario que así se haga para acogerlos a una visión comprensiva de muchas situaciones que hasta ahora, no eran planteadas por las ciencias de la educación porque de alguna forma afectaba a sus seguridades epistemológicas. Por otra parte, la teoría del caos nos abre la posibilidad de estudiar fenómenos hasta el momento desconocidos en educación, tales como los fractales educativos, las estructuras disipativas del sistema, la dialéctica orden-desorden, o la funcionalidad de los

atractores, entre otras múltiples cuestiones.

La teoría del caos nos aporta una capacidad de actualizar el discurso pedagógico por lo que puede ser un instrumento renovador de posiciones teóricas anquilosados ya entre nosotros. La teoría del caos abre las puertas a la comprensión de la educación como cambio permanente, como proceso continuado de innovación, tal como demanda una sociedad tecnológica asentada en los mismos procesos de cambio y que solicita de la escuela tenga la misma capacidad de formar para el cambio. La crítica que en este sentido realiza M. Castells (1999) a la educación como sistema ajeno a la sociedad red, y por tanto marginada de los actuales procesos de innovación y cambio constante que ya se dan en otros ámbitos, creo que nos obvia de mayor consideración. El mismo tema del fracaso escolar, que tanto interesa a políticos, a administradores y a los padres, es una consecuencia caótica de un sistema que no ha sido profundamente analizado desde modelos explicativos pertinentes, por lo que las soluciones se tornan hipotéticas o imposibles.

El fracaso escolar es síntoma de una escuela que fracasa; de una escuela que no está tan ordenada como parece *y que es incapaz de enseñar a comprender la realidad*; es necesaria una reformulación educativa en base a la innovación, asentada en la participación y en la interactividad del saber actual. El cambio en la sociedad está tan instalado que la única respuesta posible es educar para la incertidumbre, simplemente porque las certezas de cada vez son menos ciertas. Es necesario inclu-

so educar para el caos, para la contingencia y las continuadas e incesantes marejadas de orden y desorden, de factores entrópicos y de situaciones azarosas y turbulentas que acontecen en los ámbitos socio-culturales; en consecuencia, la Teoría de la Educación ha de contemplar los procesos no sólo virtuales sino también los que son subvertidores de la lógica y de lo establecido; es decir, virtualidad —educación red o hipertextual— y creatividad, son elementos de inflexión necesarios para formar en lo aleatorio, en lo imprevisible y en lo complejo, para que así el sujeto logre sus propios órdenes.

La Teoría del Caos nos da una comprensión de los fenómenos educativos en tanto procesos no lineales, abiertos y discontinuos; es lo que de alguna forma nos proponen las tecnologías red: el logro de sistemas no controlados, libres, individuales, conectivos, abiertos, que presentan la información en mosaico —el hipertexto— y coadyuvan a propiciar la creatividad personal y colectiva. Una educación bajo la perspectiva caótica es fundamentalmente una educación adaptada al futuro, a la complejidad y al cambio, a los órdenes y desórdenes sucesivos, exactamente tal como procesa el talante creativo que busca desde el caos nuevos órdenes que darán lugar a nuevas turbulencias creativas.

Todo ello matizado al mismo tiempo por la paradoja que encierra la educación, pues como ya hemos mencionado, educar es aportar y dar información con sentido —información formativa— con lo que se neutraliza al mismo tiempo la no previsibilidad. Ya sabemos que la información posibilita los controles anticipatorios —los

procesos de adaptación proyectiva— que, por otra parte, suponen controlar lo incierto, lo que aun está por suceder; el desorden del futuro lo podemos intuir desde el orden del presente. Esta es la dialéctica que debe incorporar la Teoría de la Educación: plantear una educación para la no previsibilidad (caos), al mismo tiempo que dotada de múltiples informaciones (orden). La información y la creatividad acaban con el orden, pero cuando lo creativo está asumido y la información es conocida (redundancia), surge un nuevo orden que por serlo está llamado a sufrir las incidencias caóticas.

Una Teoría de la Educación que contemple tales perspectivas será capaz de reabrir el debate sobre la sociedad del presente y las necesidades del futuro; propiciará asumir sus propias contradicciones; logrará formalizar un espacio antidogmático, estimulador de debate; intentará oponer el relativismo o no, de los valores, en función de las libertades individuales y las necesidades sociales, y conseguirá, por fin, diseñar un camino que conducirá a su renovación desde la autocrítica. Con todos estos aportes, la teoría del caos, se reconvertirá más que en una metáfora, en el nuevo naturalismo pedagógico capaz de generar una concepción teórica de la educación más adecuada a la naturaleza de nuestro espacio y tiempo. Una Teoría de la Educación disipativa que como tal se desarrollará reconstruyendo la teoría y construyendo el conocimiento.

Dirección del autor: Antonio J. Colom Cañellas, Facultad de Educación, Campus Universitario. 07071 Palma de Mallorca.

Fecha de recepción de la versión definitiva de este artículo: 1. VIII. 2000.

Bibliografía

- ADAMS, H. M. y RUSS, J. C. (1992) Chaos in the classroom: Exposing gifted elementary school children to chaos and fractals, *Journal of Science Education and Technology* 1:3, pp. 191-209.
- ASENSIO, J. M.^a (1997) *Biología y educación* (Barcelona: Ariel).
- BALANDIER, G. (1996) *El desorden y la teoría del caos y las ciencias sociales* (Barcelona: Gedisa).
- BIGGS, J. y PEAT, F. D. (1994) *Espejo y reflejo: del caos al orden* (Barcelona: Gedisa).
- BIGGS, J. y PEAT, F. D. (1999) *Las siete leyes del caos* (Barcelona: Grijalbo).
- CASTELLS, M. (1999) *La era de la información I: la sociedad red* (Madrid: Alianza).
- COHN, H. (1995) *El cosmos, el caos y el mundo venidero* (Barcelona: Crítica).
- COPELAND, J. (1996) *Inteligencia artificial* (Madrid: Alianza).
- DALE, J. D. (1997) The new american school system: A learning organization, *International Journal of Educational Reform* 6:1, January, pp. 34-39.
- DOLL, W. E. (1989) Complexity in the classroom, *Educational Leadership* 7:1, September, pp. 65-70.
- DAVIS, S. y SUMARA, A. J. (1997) Cognition, complexity and teacher education, *Harvard Educational Review* 67:1, Spring, pp. 105-125.
- FERRIS, T. (1998) *Informe sobre el universo* (Barcelona: Crítica).
- GRFFITHS, M. y Colab. (1991) Still another approach to administration: chaos theory, *Educational Administration Quarterly* 27:3, August, pp. 430-451.
- GUNTER, H. (1995) Jurassic management chaos and management development in educational institutions, *Journal of Educational Administration* 33:4, pp. 5-20.
- HALSALL, R. y COCKETT, M. (1996) *Education and training 14-19. Chaos in the classroom?* (Londres: David Fulton).
- HARGREAVES, O. H. (1995) Self-managing schools and development planning. Chaos or control?, *School Organisation* IV:1, October, pp. 215-227.
- HUNTER, D. (1996) Chaos theory and educational administration: imaginative foil or useful framework?, *Journal of Educational Administration and Foundations* 11:2, pp. 9-34.
- JONES, R. (1994) Chaos theory, *The executive educator* 16:10, October, pp. 20-23.
- JASONEN, J. (1997) *The challenges of the 21st century for vocational education and training* (Helsinki, International Conference on Vocational Education and Training proceedings).
- LYON, D. (1996) *Postmodernidad* (Madrid: Alianza).
- MACPHERSON, E. (1995) Chaos in the curriculum, *Curriculum Studies* 27:3, pp. 263-279.
- MANDELBROT, B. (1983) *Fractal geometry of nature* (New York: Freeman).
- MOLES, H. (1995) *Les sciences de l'imprecis* (Paris, du Seuil).
- MORIN, E. (1980) *La vie de la vie* (Paris: du Seuil).
- NEWMAN, I.; WESSINGER, C. y BOBNER, R. (1993) Chaos modeling. An introduction and research application, *Mid-Western Educational Research* 6:2, Spring, pp. 2-5.
- NICOLIS, G. y PRIGOGINE, I. (1997) *La estructura de lo complejo* (Madrid: Alianza).
- PARRIS, R. (1991) The root-finding route to chaos, *The College Mathematics Journal of Grinnell College* 22:1, pp. 48-55.
- PRIGOGINE, I. (1997) *El fin de las certidumbres* (Madrid: Taurus).
- ROSNEY, J. (1996) *El hombre simbiótico* (Madrid: Catedra).
- RUSS, M. (1992) Chaos, topology and social organization *Journal of School Leadership*, 2, April, 144-177.
- SKALAR, L. (1994) *Filosofía de la física* (Madrid: Alianza).
- THOM, R. (1993) *Parábolas y catástrofes* (Barcelona: Tusquets).
- WHITE, D. J. (1990) *Teoría de la decisión* (Madrid: Alianza).

Summary:**Chaos Theory and Education. An Approach to a new Concept of the Educational Science**

After carrying out a critical analysis of the role of science in modernism which is based on order and specialization, the chaos theory and its more fundamental principles are re-examined by pointing out the importance of this theory for the understanding of complex systems that are non-linear and unpredictable. With this in mind, similar characteristics are established in educational systems; thus we sense the need for the integration of the chaos theory in educational science. Next there is a rethinking of the possible applications of this theory in the areas of personal development, curriculum, learning processes, and administration within the field education, etc. This work concludes with the establishing of the basis for a theory of education that attempts to integrate all the contributions provided by the chaos theory.

KEY WORDS: Education and chaos theory, Theory of Education and chaos.