

Sistemas Complejos y Comportamiento Humano*

Ariel Quezada**

Resumen: El presente artículo propone la reflexión sobre la complejidad inherente a la dinámica de los grupos humanos, entre ellos, la interacción dentro de una sala de clases. Se muestra cómo las estrategias de la planificación extrema o de la improvisación absoluta pueden tener consecuencias nefastas para los procesos educativos. Precisamente, en el punto intermedio entre el completo orden y el desorden total, se encontraría la máxima complejidad, que permitiría alcanzar objetivos de alto nivel. Finalmente, se propone la utilización de simulaciones computacionales para estimar los alcances que podría tener una innovación en la interacción en aula.

Palabras clave: educación, sistemas complejos, modelamiento basado en Agentes, sala de clases

Complex Systems and Human Behavior

Abstract: This article proposes an analysis about the inherent complexity of the dynamics of human groups, and among them, the interaction within a classroom. It shows how planning strict strategies or absolute improvisation can have terrible consequences for the educational process. Precisely, in the middle ground between complete order and total disorder, maximum complexity could be found, which would allow high-level goals. Finally, we propose the use of computer simulations to estimate the reach that an innovation in classroom interaction could produce.

Key words: education, complex Systems, agent-based modelling, classroom

Sistemas Complexos e Comportamento Humano

Resumo: O presente artigo propõe a reflexão sobre a complexidade inerente à dinâmica dos grupos humanos, entre eles, a interação dentro de uma sala de classes. Mostra-se como as estratégias do planejamento extremo ou da improvisação absoluta podem ter consequências nefastas para os processos educativos. Precisamente, no ponto intermédio entre o completo ordem e o desordem total, encontraria-se a máxima complexidade, que permitiria atingir objectivos de alto nível. Finalmente, propõe-se a utilização de simulacros de computação para estimar os alcances que poderia ter uma inovação na interação em aula.

* Presentación realizada en el Coloquio "Complejidades educativas emergentes y caóticas en la escuela lineal" efectuado en el Valle del Elqui, 16 y 17 de octubre de 2008. Artículo publicado dentro del contexto del proyecto FONDECYT 1080073: "Complejidades educativas emergentes y caóticas".

** Universidad Adolfo Ibáñez, Viña del Mar, Chile. Email:quezadalen@gmail.com

Palabras-clave: educação, sistemas complexos, modelamiento baseado em agentes, sala de classes

Recibido: 23.03.2009

Aceptado: 27.05.2009

* * *

Introducción

En muchas oportunidades el docente se habrá enfrentado al desafío de realizar una clase minuciosamente estructurada y pautada o bien una completamente libre, inestructurada y sin esquemas predeterminados. Indudablemente, la intuición indica que cualquiera de los extremos de este continuo llevará a un seguro fracaso. Sin embargo, ¿dónde se encontrará el punto apropiado?, ¿qué es lo que pasará cuando la clase se acerca al orden completo o al desorden absoluto?, ¿se pueden anticipar resultados? El objetivo de este manuscrito se focaliza en presentar algunas ideas que sugieran respuestas a estas preguntas y ayuden a generar nuevas perspectivas para entender las dinámicas que ocurren dentro del aula de clases.

A modo de provocación, un bocado inicial

Realizando docencia, los educadores se preocupan tanto de cuidar y procurar las mejores prácticas como de generar los contextos más apropiados para llevar adelante la clase. En este sentido, el objetivo que se busca alcanzar es ser facilitador del aprendizaje de los alumnos, despertar su interés, mantener su atención y alentar la motivación por investigar más allá de los contenidos que se transmiten en una clase puntual.

Evidentemente la ciencia de la educación no ha logrado encontrar el o los factores que permitan desarrollar métodos educativos universalmente eficientes. Cercano a la ciencia ficción, tampoco la farmacología ha logrado a descubrir un principio activo que ayude a lograr súper aprendizaje a consumidores de drogas *ad hoc*. En este sentido, si el doping de aprendizaje fuera posible de alcanzar, ¿serían válidos sus resultados?, ¿sería homologable a un dopaje en una prueba atlética en la cual el deportista sería descalificado por utilizar elementos exógenos para lograr un mayor desempeño?, ¿qué pasaría si fuera una droga que sólo fuera alcanzable económicamente por unos pocos que tendrían resultados sobresalientes en comparación con los no dopados?, ¿podría pensarse que este posible dopaje cerebral se integraría dentro de la “naturaleza humana”, tal como personas usan lentes, toman píldoras para el dolor de cabeza o metilfenidato –conocido comercialmente como *Ritalin*-? Por suerte el que la farmacología aún no haya dado con aquel principio activo aún da tiempo para reflexionar sobre posibles alcances y consideraciones.

Volviendo al punto en discusión, la ciencia que estudia el comporta-

miento humano no ha tenido resultados universalmente objetivos, generalizables y siempre efectivos en cualquier contexto y con cualquier grupo humano. Tal vez sea un alivio para la libertad de nuestra especie que se mantenga esta importante impredecibilidad de la naturaleza humana. Si esto ha sido cierto en las ciencias sociales, la educación no escapa a ellas y tampoco ha logrado descubrir esta “piedra filosofal” de la educación cien por ciento efectiva. Quizá nunca la logre y tampoco sea una derrota muy grande.

Sin embargo, tomando en cuenta la cantidad de recursos de tiempo, económicos y físicos invertidos en educación, los resultados no son nada halagüeños. En efecto, pareciera que de las horas semanales que se emplean durante años en la escuela para intentar transmitir contenidos, valores, habilidades y competencias no fueron lo suficientemente eficientes para lograr tan alto objetivo. Ya Carlos Calvo (2002) y su equipo de investigación indican que la educación bajo el formato escolar es la responsable de seguir con estrategias pasivas, lineales y, en consecuencia, brutalmente poco atractivas para que se genere el aprendizaje. Por contraparte, proponen que aquella educación que emerge espontáneamente de las experiencias no formales, que precisamente son ricas en una temporalidad no lineal, en que las personas son necesariamente activas en su aprendizaje y, como ya se podrá intuir, tremendamente atractivas lo que motiva y refuerza los aprendizajes que se logran por esa vía.

Siguiendo en esta lógica, aparentemente la naturaleza humana está empujada de una intrínseca no linealidad que se resiste a ser encarcelada dentro de los márgenes de la predictibilidad, la exactitud y la objetividad. Muy por el contrario, una serie de fenómenos humanos presentan características que les acercan a las descritas para los Sistemas Complejos.

Lo complejo de la interacción humana

Aproximadamente desde la década de los 60', progresivamente en distintas disciplinas científicas fue despertando un interés por fenómenos que, pese a tener completamente identificadas y controladas sus variables, exhibían comportamientos que escapaban a los límites de su predicción. ¿Qué habrá pasado con la naturaleza? ¿Se habrá vuelto más inexacta desde la segunda mitad del siglo XX en adelante?

Pareciera que el hecho al cual se asocia este marcado énfasis en las ciencias es el progresivo aumento en la capacidad de cálculo de los ordenadores, que permitieron procesar más información en menor tiempo (Mansilla, 2003). Este hecho dejó en una posición más privilegiada a disciplinas como la física, la química y la biología, dada su familiaridad con herramientas matemáticas y de cálculo. No obstante, las ciencias sociales posteriormente también se fueron incorporando, descubriendo a su vez que la complejidad también era una característica tanto de la naturaleza viva como de la inerte.

Yendo aún más allá, se descubrió que patrones de comportamiento que se daban en tipos de sistemas también se encontraban en el comportamiento de sistemas de materialidad completamente distinta. Es así como se logró descubrir que dinámicas de comportamiento de ríos tenían una apariencia muy similar, en tanto dinámica, al comportamiento económico de algunas bolsas de valores o comportamientos colectivos tales como las fluctuaciones políticas de izquierda a derecha y viceversa (Quezada, 2007).

En este sentido, se puede observar cómo la naturaleza se las arregla para interconectar tanto a la naturaleza inerte, a la biológica y a la social con dinámicas similares en los comportamientos que emergen de ella, en las cuales la materialidad que de sus elementos no es lo más importante, sino cómo sus estos están conectados y qué comportamientos globales se generan.

Esta es la razón por la cual las ciencias de la naturaleza se vieron enriquecidas con la llegada de esta nueva perspectiva comprensiva y metodológica ligada a los Sistemas Complejos. La literatura concuerda en que estos sistemas están compuestos por múltiples elementos individuales interactuantes y excitables entre sí, los que cambian sus estados internos según la interacción que tienen con otros elementos individuales y también con el ambiente en que están inmersos. Ahora bien, aunque el comportamiento individual de dichos elementos resulte ser simple, la interacción de estos produce comportamientos y características del sistema que, como un todo, son diferentes a una agregación lineal de sus conductas individuales (Holland y Miller, 1991). Así, no es extraño que progresivamente las ciencias sociales se vayan aproximando a esta perspectiva.

Paralelamente, desde la informática, nace la simulación, que pretende describir y reproducir de manera simplificada los comportamientos de diversos sistemas. De esta manera surge una forma de abordar los fenómenos a través de su expresión en un modelo que, en caso alguno, pretende lograr predicciones exactas del comportamiento de un sistema a futuro, sino que dibujar aproximadamente su dinámica en el tiempo.

¿Las tortugas pueden enseñar sobre comportamiento social?

Si se considera a un Sistema Complejo como un sistema compuesto por elementos individuales excitables e interactuantes que pueden modificar sus estados internos al interactuar con otros con su ambiente, se puede llegar a un segundo paso en el cual un sistema complejo de la naturaleza, se puede reproducir apropiadamente mediante un modelo informático.

En el modelamiento de Sistemas Complejos coexisten dos grandes tradiciones no excluyentes: Autómatas Celulares y Agentes (Gilbert y Troitzsch, 1999). Los autómatas corresponden a celdas de un tablero que tienen un conjunto finito de valores posibles de estados que son modifica-

dos por la interacción con autómatas vecinos según leyes definidas por el programador (Berlekamp, Conway y Guy, 1982; Vallacher y Nowak, 1997). Por su parte, los agentes pueden tener estados en los que se incluyen variadas características más elaboradas, tales como preferencias, creencias, memoria de eventos recientes y conexiones sociales (Canessa y Riolo, 2006). En consecuencia, un agente sería un autómata celular más sofisticado, o éste un agente más limitado (Quezada y Canessa, 2008).

La propuesta que aquí se presenta es que cuando haya comportamiento agregado entre personas, cuando las personas interactúen y se influyan mutuamente, en síntesis, cuando estemos frente a comportamiento social, es posible de ser modelados mediante agentes o “tortugas”, como se les llama en la jerga informática.

El modelamiento de comportamientos sociales pasa primero por definir algunas reglas de funcionamiento que describan el operar del agente, por ejemplo, cuál será la acción que realizará, qué ocurrirá cuando se encuentre con otro agente, cómo se influirán mutuamente, si tienen visión de los comportamientos tanto del agente que tienen en frente o de toda la comunidad de agentes, Etc.

Ahora bien, el lector a esta hora pensará que está leyendo un contrasentido al ver que más arriba se habla de sistemas complejos que se resisten a la predictibilidad, la exactitud y a la objetividad. Esto no tiene ninguna contradicción con lo que se postula para los Sistemas Complejos. En efecto, ya en 1889 Henry Poincaré al describir el comportamiento de tres cuerpos en interacción, con todas sus trayectorias completamente bien definidas, tan sólo se podía llegar a soluciones aproximadas, sin que eso se explicara por problemas de cálculo o por factores ambientales o por malas mediciones. Así, cuando se habla de Sistemas Complejos se habla de aquellos que exhiben dinámicas no predictibles, pese a tener bien definidos todos los comportamientos de sus elementos. Más aún, imagínese si los elementos son personas y con gran diversidad de características cada uno.

Allí también converge otro elemento: un Sistema Complejo no es necesariamente un sistema complicado. A veces sistemas muy intrincados, complicados y de difícil definición de los comportamientos de sus elementos muestran dinámicas bastante triviales y, a ratos, bien predecibles. Pero en otras ocasiones, ya con reglas muy básicas se pueden obtener dinámicas con una alta complejidad. Este es, por ejemplo, el caso de las dinámicas que describen Lotka y Volterra para mostrar la interrelación entre presa, predador y ambiente.

Así, se puede ver que se puede lograr simular los comportamientos de sistemas complejos mediante modelamiento, ya sea mediante Autómatas Celulares o mediante Agentes, lo que exige del investigador es poder determinar de manera apropiada los factores claves que permitan una buena simulación de la dinámica a estudiar. Cabe aquí aclarar que simular o modelar un comportamiento no significa lograr la predictibilidad exacta ni

aún aproximada de una dinámica. Sería errado pensar que, por ejemplo, simulando los factores que intervienen en los la Bolsa de Comercio de Santiago, se podrá determinar el valor que tendrán las acciones de Lan Chile el día 13 de marzo del 2019 u otra fecha. Lo que se busca es poder entender cómo se generan las dinámicas comportamentales y realizar un esfuerzo por definir los factores que intervienen. De esto deviene que al modelamiento se le llama también la tercera disciplina, la que entra en el interjuego de las teorías sobre determinados fenómenos, por un lado, y la experimentación con datos de la “vida real”, por otro. El modelamiento, entonces, toma lo que la teoría describe estilizadamente sobre un determinado fenómeno, lo lleva a la simulación y obtiene resultados que se comparan con los que se ha llegado con la experimentación “real”, intentando lograr una validación entre “realidad” y “simulación” (Ilgen y Hulin, 2000).

Llevando la simulación a la educación

Lejos de pensar que la simulación podría quedar reservada para disciplinas como la economía, la sociología, la ecología o la psicología social, esta puede también servir a la educación.

Cuando se modela un fenómeno se puede discriminar de manera fácil y rápida qué factores podrían tener un mayor peso en la dinámica que exhibirá el sistema. De este modo se logra una gran economía de esfuerzos, tiempo y recursos involucrados.

No se trata, eso sí, de reemplazar o eliminar la experimentación “real”. Muy por el contrario, la simulación asiste y complementa a la experimentación, dando pistas preliminares al trabajo con la muestra y, una vez obtenidos los datos, ayuda a poder ajustar teoría y la investigación empírica (Quezada y Canessa, 2008).

Por otro lado, hay situaciones en las que la experimentación en seres humanos o en animales sería imposible, ya sea por recursos materiales o, peor aún, porque los procedimientos podrían ser imposibles por consideraciones éticas, por ejemplo, en donde hubiera mortalidad experimental o procedimientos con efectos perjudiciales para las personas. Así, la simulación podría entregar atisbos sobre los efectos que se podría tener en la realidad.

Si un ministerio, si un investigador en educación, si un docente quisiera poner a prueba preliminarmente sus intuiciones sobre intervenciones en el aula, por ejemplo, trabajo en grupos pequeños, integración de niños con discapacidad, alumnos con alta y baja motivación, convivencia escolar, y un larguísimo etcétera, podría intentar examinarlo mediante simulación. En esta empresa, ya hay disponibles plataformas tremendamente potentes y, al mismo tiempo, muy intuitivas para el usuario, sin que éste deba invertir mucho tiempo en programación. Una de estas plataformas es Netlogo y se encuentra disponible de manera gratuita para cualquier usuario.

Sin lugar a dudas, los Sistemas Complejos han llegado a las ciencias sociales tanto para ampliar la mirada de sus fenómenos como también para incorporar nuevas herramientas que ayudan a entenderlos y describirlos mejor. De allí es que se presenta al Modelamiento basado en Agentes y/o al uso de Autómatas Celulares para poder asistir a esta gran empresa de intentar mejorar los procesos educativos, empresa a la cual todas las disciplinas están llamadas.

Bibliografía

Berlekamp, E., Conway, J. y Guy, R. (1982), *Winning ways for your mathematical plays, Games in Particular*, 2, London: Academic Press.

Calvo, C. (2002, abril - junio), "Complejidad, caos y educación". *Revista de Ciencias de la Educación*. Madrid, N° 190, pp. 227-245

Canessa, E. y Riolo, R. (2006), "An agent-based model of the impact of computer-mediated communication on organizational culture and performance: an example of the application of complex systems analysis tools to the study of CIS". *Journal of Information Technology*, 21, 272-283.

Gilbert, N. y Troitzsch, K. (1999), *Simulation for the Social Scientist*. Buckingham, England: Open University Press.

Holland, J. H. y Miller, J. H. (1991), "Learning and adaptive economic behavior". *American Economic Review*. 81 (2), 365-370.

Ilgen, D. R. y Hulin, Ch. L. (2000), *Computational modeling of behavior in organizations*. Washington D.C.: American Psychological Association.

Mansilla, R. (2003), *Introducción a la econofísica*. Madrid: Equipo Sirius.

Quezada, A. (2006), "Fractales en el estudio de la Psicología". *Revista Digital Universitaria*, 7 (10), 1-12.

Quezada & Canessa (2009), "La complejidad de los procesos educativos en el aula de clases". *Educar em Revista*. N° 32, p. 103-119.

Vallacher, R. R. y Nowak, A. (1997), "The Emergence of Dynamical Social Psychology". *Psychological Inquiry*, 8 (2), 73-99.