

HACIA UNAS OBSERVACIONES COMPLEJAS SOBRE EL SISTEMA DE EDUCACIÓN

(documento borrador)

Este es un ensayo que invita a la conversación sobre el sistema de educación superior. En este caso la invitación consiste en contrastarlo como un sistema cerrado y autocontenido que acepte una interpretación reduccionista con un sistema complejo abierto. Creemos en la relevancia de esta invitación ya que, por tomar un ejemplo cualquiera, la delimitación del sistema de educación superior a el país desde el punto de vista del territorio le quita algo que reclamamos y es el carácter global del conocimiento, ¿debemos entonces aproximarnos a estudiar el sistema de educación?

Para abrir la conversación hacemos una corta reseña histórica sobre la situación actual de la Ciencia. Nuestro objetivo en esta primera parte es mostrar que al panorama científico entró en un nuevo paradigma, el paradigma de la complejidad. La segunda parte propone algunas observaciones informales con las que argumentamos a favor de observar (y modelar) es sistema de educación como un *Sistema Complejo* (SC). Notamos también que no aceptamos que complejo y complicado sean sinónimos.

Una breve reseña de la Ciencia hoy

El principio del siglo XIX fue testigo de eventos que cambiaron radicalmente la condición humana. Por un lado las colonias Americanas estaban adquiriendo su independencia de las países Europeos, y por otro lado, en esa Europa colonizadora, se estaba terminando de forjar la idea de ciencia que catapultó, a una buena parte de la humanidad, hacia una era de desarrollo tecnológico y bienestar. Si bien aún el progreso y el bienestar no son accesibles al mismo ritmo a todos los seres humanos, es cierto que los inmensos avances que algunas naciones han logrado son fruto del conocimiento formal y de la aplicación creativa de avances tecnológicos. La medicina, la industrialización y las corrientes de pensamiento del XIX son la consecuencia de este modelo de evolución en la producción de conocimiento que nos da una opción formal para observar el mundo. Estamos hablando de la primera revolución científica. La idea central que la amalgama es el *reduccionismo*: el modelo nos dice que para conocer, entender y predecir a un sistema basta con comprender sus partes y las interacciones entre ellas. Nos encontramos entonces frente a una forma de pensamiento científico que nos propone un Universo determinista (predecible) y nos da un método (el *Método Científico*) para estudiarlo.

Para finales del XIX y principios del XX este modelo seguía exitosamente interpretando nuevos y más sofisticadas intimidades del comportamiento de la naturaleza y el universo en general, y llegó una segunda revolución científica de la mano de la Mecánica Cuántica y la Relatividad de A. Einstein. Pero ciertos sistemas continuaban siendo un misterio. Por ejemplo, los seres vivos requieren ser estudiados en su totalidad, de una manera *holística*, no ha sido posible separar un ser vivo en partes y volver a armarlo; y aún algunos sistemas, mucho más simples que un ser vivo, presentaban propiedades que no eran fáciles de explicar a partir de las partes y sus interacciones. Temas sociales como la segregación racial en ciudades, el comportamiento de los mercados, el desarrollo urbano de una ciudad, son ejemplos de sistemas que presentan comportamientos que no se pueden explicar de una manera reduccionista. La biología y las ciencias sociales han desarrollado metodologías para estudiar estos sistemas, hicieron modificaciones al Método Científico y desarrollaron *heurísticas* que les permitía avanzar en sus áreas específicas de manera rigurosa; pero el no poder actuar de manera reduccionista las colocaba en cierta desventaja frente a la física y la química. Algunos académicos hacen la distinción entre las *ciencias duras* (las que siguen el Método Científico) y las *ciencias flexibles* (aquellas que se basan en observaciones empíricas). Otros académicos van un poco más allá y nos dan interpretaciones más profundas, en palabras de Heinz von Foerster: "The hard sciences are successful because they deal with the soft problems; the soft sciences are struggling because they deal with the hard problems."

Para mediados del siglo XX el cisma entre las ciencias flexibles y duras parecía infranqueable, pero el invento del computador convertiría esa ruptura en una oportunidad que apenas se está empezando a aprovechar y explorar. Los computadores entendidas entre otras funciones, como máquinas de cálculo, sumadoras muy rápidas que abrieron la puerta para la exploración numérica de modelos matemáticos que no se pueden tratar de otra forma. Desde sistemas simples de ecuaciones diferenciales que no tienen soluciones analíticas hasta modelos que involucran miles de variables, incluso de carácter aleatorio. El computador provee una plataforma común donde los científicos (flexibles o duros) pueden explorar la evolución de modelos matemáticos utilizando metodologías de simulación. Esto ha permitido un acercamiento entre las ciencias flexibles y las duras porque un importante grupo de investigadores de la comunidad científica acepta la simulación como una alternativa viable a la experimentación en sistemas donde esta última es imposible de llevarse a cabo.

La simulación hoy permite explorar el comportamiento de sistemas que llamamos SC; estamos hablando de una nueva revolución científica donde la simulación es un componente central y el paradigma del reduccionismo (válido para estudiar ciertos sistemas) se complementa con el paradigma de la *Complejidad*. Ahora podemos estudiar SC a través de una articulación de modelamiento matemático y la simulación computacional. En general los SC para su análisis e interpretación requieren miradas desde la interdisciplinaridad y está demostrado que los mejores resultados se obtienen cuando se trabaja con equipos de individuos con formaciones y perspectivas culturales diversas. Los estudios de comunidades, organizaciones, sociedades, los conflictos armados, las características de ciudades grandes son algunos ejemplos de los tipos de SC que se han estudiado con éxito utilizando esta perspectiva.

Una forma alterna, muy interesante de seguir lo presentado en los párrafos anteriores es la que propone Douglas Robertson en su libro *Phase Change: The Computer Revolution in Science and Mathematics*. Se presenta en este libro la tesis de que las revoluciones científicas se dan cuando la humanidad logra un aumento de uno o más órdenes de magnitud en la cantidad de información que es capaz de procesar. Robertson argumenta cómo los avances tecnológicos permiten explorar la frontera del conocimiento permitiendo avanzar en direcciones

no permitidas antes de estos. Robertson propone, por lo tanto, que estamos comenzando una revolución científica debido al aumento en la capacidad de manejo de información que le ha dado el computador a la humanidad.

El papel de la Ciencia como observador del sistema de educación

Hagamos observaciones sobre el sistema de educación superior, en el contexto presentado en los párrafos anteriores. Se pretende en este ensayo justificar que dadas las características de este sistema, es necesariamente un SC y por tanto sus propiedades y características requieren de la ciencia de la complejidad para su análisis y estudio.

Cualquier sistema de educación está formado por distintos componentes. Podemos hablar de actores (instituciones de educación, niveles, programas, estudiantes, profesores, etc), organizadores o reguladores (constitución política, Ministerio de Educación, ICFES, etc) y los sistemas sociales o instituciones, externos o no, a él pero que son afectadas por este y a su vez lo determinan (mercado laboral, sistema productivo, sistema económico, sistema de ciencia y tecnología, necesidades de los individuos o del país, la percepción de la sociedad). ¿Podemos estudiar independientemente cada uno de estos actores y sus relaciones? La respuesta es un claro y enfático: sí podemos. ¿Podemos aplicar el Método Científico a esas partes y sus relaciones? Pueden haber distintas posiciones frente a esta pregunta, pero lo que debe ser claro es que independientemente de la aproximación de estudio no podemos hacer experimentos independientes con este sistema, tampoco podemos aislarlo del entorno (empezando por la dificultad de definir este entorno).

En el párrafo anterior hemos delineado una frontera que debe registrarse para validez de los estudios, algo que debe elaborarse en este sistema especial es el hecho explícito de que el ciudadano está, al mismo tiempo, dentro y fuera del sistema del sistema de educación superior. Participa como estudiante y/o profesor pero está por fuera como observador, contribuyente, beneficiario o regulador. En otras palabras, por lo menos uno de los componentes básicos del sistema (agente) puede ser generador, regulador, crítico y participante del sistema (lista no exhaustiva) en momentos distintos o al mismo tiempo. Lo mismo se puede decir de muchas de las instituciones que participan en un sistema de educación; la Universidad, por ejemplo, también puede desprenderse momentáneamente de su papel de organismo de formación y participar en procesos de reforma, crítica, etc. También es cierto que la Universidad (y todas las instituciones de educación), de manera constante en el tiempo, afecta y es afectada, entre otros, por el mercado laboral y por las políticas que impone el estado y las tendencias sociales. Por ejemplo la demanda en determinadas carreras profesionales ha cambiado de manera bien definida por los requerimientos del sector productivo. Hemos limitado la discusión en este párrafo al ámbito nacional. Nos asalta la duda de si la delimitación del sistema de educación superior a un país desde el punto de vista del territorio le quita algo que reclamamos y es el carácter global del conocimiento, habrá que usar un límite (borde) más difuso que el de país.

Este tipo de sistema, donde un componente (subsistema) participa en diferentes roles, los subsistemas tiene relaciones de codependencia, a veces simbióticas, y es conceptual y prácticamente imposible generar una distinción sistema-entorno, cumple varias de las condiciones que lo hacen candidato a Sistema Complejo.

No hay consenso universal sobre las características que debe tener un sistema para calificarlo como complejo. La literatura está llena de ejemplos y contraejemplos de sistemas que pueden tener, o no, el título de complejos. Discutamos sobre si un sistema de educación puede observarse como un sistema complejo. Según Neil Johnson, la mayoría de los investigadores en ciencias de la complejidad están de acuerdo en que un sistema complejo debe tener la mayoría de las siguientes características:

- Sistema compuesto por muchos elementos o agentes que interactúan entre sí.
- Existen restricciones sobre los recursos disponibles.
- El comportamiento del sistema se ve afectado por su memoria, tiene ciclos de retroalimentación; los agentes pueden adaptar sus estrategias de acuerdo a su historia.
- El sistema es abierto al intercambio de energía, materia o información.
- Realización única.
- El sistema presenta fenómenos emergentes; propiedades que aparecen sin la necesidad de una *mano invisible*, sin la intervención de un controlador central.
- El sistema evidencia una mezcla entre orden y desorden; la evolución del sistema no es trivial.

A continuación hacemos una breve descripción de lo que se quiere decir con cada uno de estos puntos; se ilustra con un ejemplo y se continúa con una pequeña discusión sobre el sistema de educación.

Sistema compuesto por muchos elementos o agentes que interactúan entre sí: Esta característica la cumplen muchos sistemas sociales y también sistemas no sociales como los sistemas biológicos o físicos. Entendemos como agente social (humano) aquel que tiene el poder de actuar autónomamente; puede actuar y/o no en nombre de otro (representar a una agencia). En los sistemas que no son sociales la definición aceptada se refiere a un intermediario, mediador o mensajero. Para esta discusión podemos tomar al agente como un componente del sistema que interactúa con otros. Un ejemplo que puede aclarar esta idea es el sistema de regulación y de apoyo de entidades que conforman la ciclovía recreativa en Bogotá. El IDR, la Alcaldía Mayor, la Policía Metropolitana, la Secretaría de Movilidad y, al menos, 20 agencias más juegan algún papel en la realización de la Ciclovía los domingos y festivos. Es la Ciclovía Recreativa un sistema formado por múltiples agencias en las que participan múltiples agentes autónomos con diferentes propósitos.

Un sistema de educación también está compuesto por múltiples agentes, no idénticos, que representan agencias diversas. Por un lado tenemos a las personas que conforman la estructura invariante del sistema (estudiantes, profesores) con aspectos como sus resultados (nuevo conocimiento y profesionales), a las instituciones (colegios, universidades, fomentadores, financiadores, observadores, reguladores), los entes territoriales (departamentos, regiones), para nombrar algunos. Claramente es un sistema que involucra a toda la sociedad. Estamos hablando de un sistema social que involucra agentes que funcionan a diferentes escalas y presentan jerarquías (entendemos este término como la evidencia de modularidad y propiedades multiescala en el sistema; esto nos indica que está compuesto por redes no homogéneas y organizaciones estructurales modulares en jerarquías a distintas escalas). Nuevamente hacemos énfasis en que estos agentes están en permanente co-evolución.

Restricciones sobre recursos disponibles: Con esta frase tratamos de entender el papel de las restricciones y responder la pregunta sobre si hay algún límite sobre el sistema respecto de la energía (materia, información, dinero u otros recursos) que necesita el sistema (o sus agentes) para desarrollar sus propósitos. Tomemos el sistema de tránsito en una ciudad; podemos decir que las vías son el recurso fundamental para que los vehículos puedan

transitar, sin embargo el número de vías es limitado por diferentes razones: la geografía, la tecnología, los recursos para construirlas, las construcciones existentes, por nombrar algunas. Esta limitación en las vías tiene un efecto directo sobre los conductores: desarrollan distintas estrategias para llegar a sus destinos, diciéndolo de otra forma, los conductores tienen que competir entre ellos por el recurso limitado. Esto genera distintas estrategias entre los agentes, por ejemplo, para ir de su casa a la oficina; estas estrategias pueden ser muy simples (siempre tomo la vía A) o muy complicadas (los viernes a las 4 tomo A, pero si salgo a las 4:15 mejor hago la B. Los otros días utilizo C, siempre que no haya partido de fútbol...).

En el sistema de educación superior hay una cantidad importante de recursos necesarios para su funcionamiento, en general son condiciones de infraestructura, poblacionales, desarrollo de otros sistemas sociales, el nivel de desarrollo y penetración de los diversos niveles de educación básica, media y superior misma y otros recursos regulatorios y económicos, el avance del conocimiento mundial, las tendencias internacionales de modelos educativos, y muchos otros insumos. Por el lado de la financiación requiere que se garantice la sostenibilidad de cada institución de educación, por supuesto también hay un número limitado de estas instituciones y los estudiantes en entornos geográficos delimitados, deben competir para tener acceso a ellas (evidencia de esto es la necesidad de tener exámenes de estado). Los estudiantes también tienen restricciones de recursos, la más evidente: las restricciones económicas que tengan para poder pagar matrículas y sostenerse. La evolución que se observará en un sistema donde no hay ningún tipo de financiación para matrículas será muy distinta a la de uno donde se garantiza financiación para todos.

El comportamiento del sistema se ve afectado por su memoria, tiene ciclos de *feedback* (retroalimentación): Nos referimos acá al efecto que tiene el pasado sobre el sistema. En los dos ítems anteriores hemos citado la variedad de agentes y agencias y de cómo los límites en sus recursos pueden generar competencia. Miremos ahora el efecto que el pasado puede tener en algunos sistemas. Todo sistema es dependiente de su pasado, a lo que nos referimos acá es a la característica de generar un cambio en comportamiento futuro por experiencias pasadas, llamamos a esto aprendizaje. Los ejemplos que hemos trabajado (ciclovía y tránsito) dependen y son afectados por su historia y presentan aprendizaje. Para aclarar un poco este concepto miremos otro ejemplo, el deporte. En todos los deportes el aprendizaje juega un papel fundamental, no exclusivamente en el avance de los deportistas, también en la forma como se modifican las reglas de estos. Ejemplos abundan, llamamos la atención sobre la introducción del *flip turn* en la natación. Esta es la técnica utilizada en la actualidad por los nadadores para cambiar su dirección en dos de los cuatro estilos olímpicos. Fue introducida en los Juegos Olímpicos de 1936 por Tex Robertson (1909-2007) y reglamentada en 1956. Esta técnica permitió que Adolph Kiefer obtuviera el oro en la competencia de 100 m de espalda en los Olímpicos de Berlín. Un ejemplo claro de cómo un grupo de agentes aprende del sistema y, a su vez, el sistema es modificado por su pasado. Este no es el único efecto que tiene el ciclo de *feedback*, estos son también responsables de la generación de desigualdades en el sistema. Está muy bien estudiada la forma cómo un ciclo de retroalimentación simple puede llevar a generar una estadística no central, posiblemente libres de escala (como las estudiadas por V. Pareto). Estas estadísticas nos hablan de sistemas con distribuciones de colas largas; en las que el evento extremo ocurre con una frecuencia no despreciable. Tampoco es adecuado caracterizar estos sistemas solamente con medidas de centralidad; es necesario observar e identificar los efectos que tienen las correlaciones de largo alcance.

La historia juega un papel fundamental en cualquier sistema de educación, los agentes del sistema aprenden (no sólo en las aulas). Evidencia de esto es las reformas internas que hacen las instituciones o los individuos para mejorar su desempeño dentro del sistema (e.j. ampliar

o disminuir la oferta de cursos, proponer reformas al sistema, la preferencia de la población por ciertas carreras, etc). Un mecanismo que se ha venido generando en muchos sistemas de educación superior son los procesos de acreditación y las publicaciones de los resultados de la producción de nuevo conocimiento. En estos procesos se suelen llevar a cabo con pares evaluadores que juegan un rol central. Con esto el sistema va formalizando su aprendizaje. Estamos entonces frente a un sistema que contiene agencias y agentes autónomos que actúan a diferentes escalas; la autonomía se ve reflejada en la capacidad de estos para modificar sus conductas frente a las regulaciones impuestas por el mismo sistema. Queda abierta la pregunta ¿es adecuado caracterizar el sistema de educación con medidas de centralidad?

El sistema es abierto al intercambio de energía, materia o información: Un sistema abierto es aquel que es capaz (y necesita para su funcionamiento) de intercambiar energía, materia o información con su entorno. El Método Científico determinista, por la propuesta de solución reduccionista propone aislar el sistema de su entorno, y por lo tanto, suspender este tipo de intercambios. Esta es una de las razones por la cual la biología tuvo que desarrollar metodologías y heurísticas propias para estudiar la vida. Es difícil mantener a un ser vivo en ese estado si le quitamos la comida.

Ya vimos que definir la frontera, los límites, de un sistema de educación es difícil; como ejemplo, propongamos que el país es una cota superior para tal frontera. Esto implica que los sistemas de educación de otros países serían la frontera para cada uno de los sistemas. Una de las características fundamentales de un sistema de educación es la apropiación del conocimiento; si el conocimiento no se genera internamente sino principalmente fuera del país, es absolutamente necesario que exista capacidad de intercambio, de información al menos, con el entorno. Vemos entonces como un sistema de educación debe tener las herramientas necesarias para entablar contacto con otros países o instituciones ajenas a él; un sistema que no tiene esta capacidad no podrá adaptarse a la enseñanza de nuevas tecnologías y quedará por fuera de este diálogo. Pero tenemos dudas sobre la validez de definir la frontera de esta forma; el sistema de educación hoy debe reflejar la realidad de la globalización, o al menos de la internacionalización, evidencia de esto es la exigencia, cada vez mayor, de las conexiones internacionales que deben tener las instituciones y sus estudiantes.

Realización única: Si tuviéramos que elegir una propiedad que determine que un sistema no pueda ser estudiado por el paradigma reduccionista, sería esta. El Método Científico nos propone la observación repetida de un sistema (la experimentación); hay sistemas sobre los que no se puede experimentar. No nos referimos a restricciones de tipo ético o moral, nos referimos a que hay sistemas que no se pueden replicar, sistemas en los que no es posible constituir más de una realización. La guerra es un ejemplo claro de tal imposibilidad en ciertos casos. Aunque han habido miles de guerras, no hay dos guerras iguales; también es absurdo pensar que podemos tomar una guerra particular y reproducirla en un ambiente controlado y aun si pudiéramos, la intuición nos dice que el resultado sería un conflicto distinto. Curiosamente y aunque las afirmaciones anteriores son difíciles de debatir, se han encontrado "leyes" que siguen la guerra. Estas leyes son generalidades que nos permiten caracterizarlas (pero no predecir su evolución al detalle). Esta caracterización no es de carácter central (ver discusión sobre el papel de la historia y el feedback).

Los sistemas de educación comparten esta cualidad, proponer comenzar de cero sería un absurdo, tampoco tiene mucho sentido hablar de tener sistemas de educación paralelos. La simulación computacional de SC puede capturar esta problemática, cuando enfrentamos un sistema con realización única la simulación nos permite explorar diferentes realizaciones y construir distribuciones de probabilidad a partir de las realizaciones diferentes. No podemos

saber exactamente cuál será manga del pantalón (parafraseando a Terry Pratchett) por la que bajará el sistema; pero podemos construir una distribución que nos indique qué tan distintas son las posibles realizaciones, cómo caracterizarlas y qué tendrán en común.

Fenómenos emergentes: Los fenómenos emergentes son comportamientos sorprendidos (no esperados), consecuencia de las reglas que determinan al sistema. Se identifican porque se observa un cambio fuerte (desde el punto de vista estadístico) en su comportamiento. Otra cualidad de los fenómenos emergentes es que no son evidentes en las propiedades de los agentes (componentes) del sistema. La vida es el primer ejemplo que salta a la vista; la cooperación es otro; la segregación racial en ciudades; algunos físicos argumentan que la gravedad es un fenómeno emergente. Los trancones también lo son; el propósito de los sistemas de tránsito es la movilidad de sus usuarios y ningún agente argumenta que quieto se va a poder desplazar de un lugar a otro; sin embargo los trancones son casi ubicuos. Tenemos entonces una situación donde muchos vehículos están quietos y los agentes no quieren esta situación.

Los sistemas de educación tienen una responsabilidad en las revoluciones científicas y sociales, generan el sustrato necesario para que las naciones sean competentes y productivas, son motores y locomotoras del progreso. Son generadores de fenómenos emergentes y transiciones de fase en varios sistemas que dependen de ellos.

Evidencia mezcla entre orden y desorden; la evolución del sistema no es trivial: Entendemos evolución no en el sentido Darwinista, sino en el sentido de la existencia de una dinámica en el tiempo. La evolución de un sistema es trivial cuando podemos predecirlo con una exactitud aceptable, esto en general implica que el sistema no está expuesto al efecto de choques o influencias externas; la predicción está asociada con dinámicas determinísticas pero aun estas pueden tener comportamientos no lineales que llevan a comportamientos caóticos. Al observar las series de los precios de algún bien en el mercado vemos tendencias a largo plazo (orden), oscilaciones rápidas en tiempos cortos (desorden) y cambios fuertes en los comportamientos ocasionados por eventos externos (transiciones bruscas ---fenómenos emergentes). Las tendencias, en general, obedecen a correlaciones del bien estudiado con otros bienes, o al estado general del mercado y se pueden capturar con modelos simples (estacionales, de crecimiento, etc). Las oscilaciones se deben al efecto que tienen los agentes sobre el bien (compra o venta de acciones que obedecen a su vez a sesgos individuales); estas oscilaciones son estocásticas, impredecibles.

Un sistema de educación no es determinista (depende de muchos elementos externos); aun si lo fuera, o si lo modelamos de tal forma, dada la gran cantidad de variables que lo determinan, es muy probable que manifieste dinámicas caóticas. El sistema es regulado y por lo tanto evoluciona siguiendo unas reglas o directrices definidas (que pueden cambiar pero siguen siendo reglas); sin embargo una de las características principales de los actores que lo conforman es la autonomía que manejan. La autonomía entendida como el derecho que tienen las instituciones de autorregularse, definir objetivos propios, métodos de evaluación, etc. Esto enfrenta dos fuerzas dentro del sistema que han sido reconocidos como determinantes en la formación de sistemas sociales: una que se debe a los procesos centralizados y otra a los auto-organizados. Los procesos centralizados son los que sólo se derivan de la regulación. La auto-organización es el resultado de la autonomía de la que gozan los actores. Los dos procesos deben mantenerse en balance para evitar que el sistema sea rígido, se estanque y sea incapaz de ajustarse a las demandas futuras de la sociedad, o que caiga en el extremo opuesto y sea un desorden sin pies ni cabeza donde cada actor desconoce a los demás y es a su vez ignorado. El balance de autonomía y cohesión es un requerimiento básico de los SC.

En otras palabras, no tanta regulación que paralice y homogenice a los actores, pero tampoco compuesto por sectores anarquistas que impiden el cumplimiento de cualquier propósito.

Algunas reflexiones de cierre

Hemos indicado, muy brevemente, nuestro entendimiento de la situación de la Ciencia hoy. Argumentamos que tenemos un nuevo paradigma (Complejidad) con un conjunto de herramientas y heurísticas que nos permite empezar a estudiar de manera rigurosa los "hard problems" a los que hacía referencia Heinz von Foerster.

Presentamos luego una explicación de lo que se entiende por Sistema Complejo y expusimos algunas observaciones sobre los sistemas de educación. Creemos que este último es un sistema complejo; proponemos estudiarlo como tal.

Quedan entonces preguntarnos: ¿cómo estudiar un sistema de educación? Y si esa respuesta es positiva, podemos ¿predecir este tipo de sistemas?, ¿definir si un conjunto de leyes o decretos van a tener los efectos que se esperan? ¿comparar dos (o más) propuestas de sistema?

El estudio de los Sistemas Complejos es un problema interdisciplinario en el que debe participar una gran variedad de expertos, los diferentes puntos de vista pueden amalgamar en interpretaciones más completas. Estas interpretaciones se traducen en modelos matemáticos a los que se les pueden explorar sus consecuencias lógicas. La exploración de diferentes modelos se puede comparar bajo parámetros adecuados y puede guiar la toma de decisiones sobre el sistema modelado.

Un sistema de educación es un sistema complejo, difícil de predecir y estudiar, lleno de interacciones entre actores que tienen raíces, necesidades y objetivos diferentes. La ciencia de la complejidad puede construir modelos que permitan tomar decisiones más informadas para hacer intervenciones de manera sistemática.

Jorge Villalobos, Roberto Zarama, Paulo Orozco
Centro de excelencia Ceiba.