

El modelado de sistemas dinámicos en el diseño de sistemas educativos y la formulación de políticas educativas

Jennifer Sterling Groff *

Learning Games Network, Center for Curriculum Redesign, and Sterling Education Design, USA
{jennifer_groff@mail.harvard.edu}

Recibido el 11 Febrero 2013; revisado el 13 Febrero 2013; aceptado el 19 Abril 2013; publicado el 15 Julio 2013

DOI: 10.7821/naer.2.2.72-81

RESUMEN

A lo largo de los últimos siglos, los sistemas educativos locales y nacionales han evolucionado desde sistemas relativamente simples a estructuras increíblemente complejas, interdependientes e influenciadas por las diferentes políticas, cuyo valor, eficacia y dirección ha sido frecuentemente cuestionada. La Dinámica de Sistemas (DS) es un campo de análisis utilizado para orientar la formulación de políticas y el diseño de sistemas en numerosos campos, incluidos los negocios y la planificación urbana. La aplicación de esta herramienta para el análisis de la política educativa pone a nuestra disposición nuevos conocimientos sobre las dinámicas que se esconden en el sistema actual, y puede ser una herramienta muy valiosa en el diseño de supuestos casos futuros. En el presente estudio exploramos la dinámica subyacente del sistema educativo en EE.UU. actual mediante el modelado de Sistemas Dinámico y ofrecemos un análisis de esta herramienta y su aplicación práctica en el sistema educativo de EE.UU. a través de un estudio de caso en el estado de Rhode Island (EE.UU). en el curso académico 2007-2008.

PALABRAS CLAVE: POLÍTICA, ANÁLISIS DE SISTEMAS, DESARROLLO DE SISTEMAS, REFORMA EDUCATIVA

1 INTRODUCCIÓN

¿Qué modelo de sistema educativo queremos? ¿Qué características tendría? ¿Cómo podemos conseguirlo?

A lo largo de los últimos siglos, los sistemas educativos locales y nacionales han evolucionado desde sistemas relativamente simples a estructuras increíblemente complejas, interdependientes e influenciadas por las diferentes políticas, cuyo valor, eficacia y dirección ha sido cuestionada por muchos.

Estos sistemas han evolucionado con el tiempo a través del crecimiento y la reestructuración impulsados por las políticas sistemáticas elaboradas en los últimos años. Cuando se encuentra alguna ‘bandera roja’ en el sistema –observando por ejemplo los índices de éxito escolar del alumnado, las tasas de deserción escolar, el abandono de la labor docente por parte de los profesores, etc.– se insta a las autoridades a construir, o

reconstruir, políticas que ayuden a mejorar la situación. Sin embargo, la configuración de las políticas futuras y el diseño del sistema educativo requiere que se consideren detenidamente las dinámicas de sistemas que a menudo se descuidan en la formulación de políticas (Axelrod, 1976). De hecho, se da a menudo el caso de que las mismas políticas que se elaboran para mejorar los casos que requieren ser revisados terminan empeorando la situación (Stermán, 2001). La Figura 1 es un ejemplo real de uno de estos casos.

En el campo de la educación podemos encontrar un ejemplo similar. En EE.UU., la ley “Que ningún niño se quede atrás” del 2001 fue una ley federal instituida para abordar varias de las principales ‘banderas rojas’ del sistema educativo; especialmente el rendimiento insuficiente de los estudiantes y la enseñanza estricta como sinónimo de educación de calidad. Algunos elementos de la ley incluyen una mayor responsabilidad de las escuelas sobre el rendimiento de los estudiantes en las evaluaciones oficiales con el fin de recibir fondos federales –el objetivo final es que el 100% de los estudiantes norteamericanos consigan al menos el “apto” en estas pruebas académicas en el curso académico 2013/2014. Sin embargo, desde la promulgación de la ley, varios efectos sistémicos han dado resultado: el tiempo de enseñanza ha cambiado dramáticamente en muchas escuelas y ahora se ha orientado hacia la enseñanza del contenido que se evaluará en los exámenes oficiales, en detrimento de otras asignaturas (McMurrer, 2008); los resultados académicos parecen haber mejorado, sin embargo numerosos estados han reestructurado el sistema de exámenes oficiales y un rango más amplio de calificaciones se consideran “aptas” (Jennings & Rentner, 2006); algunas escuelas y distritos se niegan a participar de este sistema, alegando que prefieren buscar financiación de otras fuentes (Krone, 2008; Pascopella, 2004). Evidentemente, estos efectos no deseados quedaban fuera de las predicciones de los organismos que impulsaron estas políticas.

John Stermán hace referencia a ejemplos como estos con el término resistencia política –la “tendencia a que las intervenciones fracasen por la respuesta del sistema a la intervención en sí” (2001, p. 8). Nuestra inclinación por que se redacten y se instauren este tipo de políticas proviene de dos fuentes. Una de ellas es nuestra interacción diaria y constante con sistemas simples, en los que observamos directamente en nuestro entorno como se suceden la causa y el efecto. Por ejemplo, vemos que la puerta principal está abierta, así que nos

*Por correo postal dirigirse a:
Learning Games Network
222 Third Street
Suite 0300
Cambridge, MA 02142

Figura 1. Ejemplo de análisis de sistemas dinámicos en el diseño de políticas (Fuente: Forrester, 1969; Forrester, 1991).

Un ejemplo de Dinámica de Sistemas en la política urbana / Planificación

En 1968, Jay Forrester trabajó en colaboración con el ex alcalde de Boston John Collins para analizar los desafíos del diseño urbano, utilizando herramientas de dinámica de sistemas. Una de las áreas que examinaron fue el diseño de viviendas de bajo coste, construidas para personas subempleadas y no disponibles para cualquier otro segmento de la población. Trabajando en estrecha colaboración con las autoridades municipales, descubrieron que:

Las dificultades económicas de las ciudades estadounidenses en declive durante la década de 1960 trajeron consigo consecuencias como el alto nivel de desempleo y el deterioro de la vivienda. Parecía bastante natural que para combatir estos síntomas el gobierno interviniera promoviendo la construcción de viviendas de bajo coste. Pero el estudio de modelado demostró, como se ha confirmado desde entonces, que estas zonas urbanas ya contaban con más viviendas de bajo coste de las que a economía de la ciudad podía sostener. La política pública para la construcción de más viviendas de este tipo sólo ocupa tierras que se podrían haber destinado a crear negocios y más oportunidades de trabajo, y a su vez este tipo de viviendas atraen a ciudadanos sin empleo. Un programa de viviendas de bajo coste potencia el aumento del desempleo por partida doble, porque reduce el empleo mientras que a su vez atrae a las personas que buscan trabajo. Así pues, los programas de vivienda de bajo coste en los centros urbanos se convierten en una trampa social. La política de construcción de viviendas de bajo coste en realidad potencia la proliferación de ciudadanos pobres y desempleados, en lugar de aliviar su situación (Forrester, 1991, p. 19).

En última instancia, la construcción de viviendas de bajo coste fue un proceso que aceleró la situación de pobreza y no la alivió. Este ejemplo muestra cómo la tendencia natural del ser humano para enfrentarse a los síntomas de un problema; sin embargo, al final, esto puede ser contraproducente y realmente perjudicial para el sistema de búsqueda de soluciones de futuro. Más bien, reconocer la causa del problema es la solución efectiva a largo plazo.

acercamos y la cerramos – resolvemos de esta manera el problema. En este tipo de pensamiento lineal obtenemos información acerca de un problema, tomamos medidas y esperamos un resultado. Sin embargo, gran parte de nuestra realidad funciona de forma más compleja, de manera que los efectos de nuestras acciones no son inmediatos o directamente observables, y pueden tener efectos de largo alcance en la dinámica del sistema en el que se encuentra el problema inicial.

Este reto se ve agravado por el hecho de que “las verdades aprendidas de los sistemas simples son a menudo completamente opuestas al comportamiento de los sistemas más complejos” (Forrester, 1997, p. 9).

La otra fuente es la tendencia humana al análisis –a desglosar las cosas para examinar cada una de sus partes, que es como obtenemos la mayor parte de nuestra sabiduría convencional y es generalmente la forma en la que se nos educa (Meadows, 1991). Como resultado de la combinación entre nuestras interacciones diarias y nuestra educación formal nos desenvolvemos con modelos mentales sobre cómo funciona la realidad, que son abstracciones basadas en esta experiencia de la realidad. Nuestros modelos mentales y abstracciones impulsan nuestro comportamiento, desde el cierre simple de una puerta, a los intentos de crear soluciones a los problemas más complejos de nuestra realidad. Sin embargo, los modelos mentales tienen graves deficiencias. A menudo no somos conscientes de las suposiciones que tenemos acerca de cómo funcionan las cosas porque nuestros modelos mentales son incompletos –“limitados, internamente inconsistentes y poco fiables” (Sterman, 2001, p. 10). Forrester explica,

la mente humana no está adaptada para entender correctamente las consecuencias que implica un modelo mental. Un modelo mental puede ser correcto en su estructura y suposiciones, pero, aun así, la mente humana –ya sea individualmente o como grupo– está capacitada para sacar las consecuencias equivocadas de cara al futuro (1971, p. 5).

Pero, ¿cómo podemos estar tan seguros? Durante los últimos 50 años el campo de la dinámica de sistemas ha ido aprovechando el poder del modelado de la dinámica de sistemas y de aplicaciones informáticas para demostrar la complejidad de nuestro mundo y hasta qué punto comprender esa complejidad nos puede ayudar a predecir el comportamiento de sistemas complejos y acercarnos a las políticas adecuadas que se deberían adoptar para dichos sistemas.

2 LA NECESIDAD DE ADOPTAR UN NUEVO ENFOQUE: UNA HISTORIA DEL PROGRESO DEFICITARIO Y DE LOS PELIGROS DE LA REFORMA EDUCATIVA

Desde su aparición en la década de 1960 en los EE.UU., la reforma del sistema educativo tiene una historia larga y variada y su éxito ha sido limitado. Durante estas décadas hemos visto una inversión considerable de los fondos federales en varios programas diseñados para obtener mejores resultados de aprendizaje. Sin embargo, según un estudio exhaustivo llevado a cabo por la Rand Corporation, la mayor parte de estos programas –tanto a gran como a pequeña escala– se quedaron cortos, lo que explica que muchos de estos programas se adoptaron por los incentivos de los fondos federales y no en pos de cambiar de raíz la práctica educativa, con pocos programas aplicados correctamente en primer lugar y demostrando poco o ningún crecimiento sostenido (Berman & McLaughlin, 1978). Con esta falta de crecimiento, y apenas muestras de mejora de la enseñanza en las aulas, la década de 1970 fue un periodo de estancamiento en el cambio del sistema educativo –en última instancia impulsando el lanzamiento de *A Nation at Risk*, estimulando el movimiento de toma de responsabilidades de los años 80 y la introducción de la regulación gubernamental a gran escala a través de planes de estudio obligatorios y pruebas de evaluación de las diferentes competencias.

Para muchos la publicación de *A Nation at Risk* marcó un punto de inflexión en el discurso y el énfasis en la reforma de la educación; sin embargo, los resultados obtenidos después de 1983 reflejaban de forma general el nivel de impacto y los retos que ya se encontraron con anterioridad. La década de 1980 se convirtió en la época de la estrategia de la descentralización, donde las escuelas vieron aumentada su capacidad de tomar decisiones, lo que permitió que tuvieran una mayor flexibilidad para responder a las necesidades del contexto específico de cada escuela. Sin embargo, con muchas de estas iniciativas que operan enfatizando y adheriéndose estrictamente a las guías de implementación no se les dio a las escuelas la flexibilidad necesaria para adoptar y adaptarse un programa que pudiera satisfacer sus necesidades (Fullan, 1991). Michael Fullan, profesor emérito del Instituto de Ontario para Estudios en Educación de la Universidad de Toronto, con el historial más competente en estrategias efectivas en las reformas a gran

escala, concluyó que “las reformas de estructuración por la que se transfirió la toma de decisiones a las escuelas puede haber alterado los procedimientos de gestión pero no afectó la esencia de la enseñanza-aprendizaje de las escuelas” (1991, p. 201). Son incontables los estudios de caso que se han realizado sobre los distritos que han intentado llevar a cabo iniciativas de reestructuración que han demostrado que el objetivo principal de intentar mejorar las prácticas de enseñanza-aprendizaje para aumentar el rendimiento de los estudiantes no se ha llevado a cabo. Este progreso o mejora esporádica hizo que muchos partidarios y promotores de la reforma se vieran alentados hacia la reforma integral a gran escala que tuvo lugar en la década de los 90.

De hecho, Fullan ha argumentado que el mayor obstáculo para la reforma es la presencia de demasiadas innovaciones y políticas creadas *ad hoc* y mal coordinadas (1999). Como respuesta surgieron Modelos de Reforma Escolar Integral, por los cuales todo el centro intenta adaptarse a un nuevo modelo (algunos ejemplos son los modelos Success for All [Éxito para Todos], Escuelas de Aprendizaje Expedicionario o Escuelas CONNECT). Estos modelos han mostrado resultados variables en función de su aplicación. En un estudio de 16 de estas iniciativas, (Datnow & Stringfield, 2000) se apreció que los modelos de reforma integral del centro pueden tener resultados positivos si se cuenta con el apoyo sólido del distrito y del estado. Por desgracia, en retrospectiva, muchas escuelas adoptaron un modelo determinado sin tener en consideración cómo iba a encajar en los objetivos de la escuela, la cultura, el profesorado o el alumnado, lo que resultó en efectos positivos mínimos y una necesidad de mejora continua. Esto ha llevado a Fullan y a otros estudiosos a creer que el único método eficaz para mejorar sistemáticamente los grandes sistemas escolares no es adoptar un enfoque de cambio de arriba abajo y de abajo a arriba, sino más bien un enfoque que funcione de manera integral a todos los niveles – lo que Fullan llamó el modelo Tri-level o de tres niveles, que aborda los tres niveles críticos del sistema educativo: la escuela y su entorno, el distrito y el estado (Fullan, 1994; Fullan, 2001; Fullan, Rolheiser et al, 2001; Barber & Fullan, 2005).

En su reflexión sobre el proceso de reforma educativa, Fullan concluye: “siempre que tengamos modelos externos que van y que vienen, nunca habrá más que una pequeña parte de los centros y distritos que estén involucrados, y cualquier muestra de cambio positivo será de corta duración (2001, p. 4); Por lo tanto, “el objetivo principal es alterar la capacidad de la escuela para participar en la mejora” [y] en segundo lugar, “una reforma sostenible solo se puede lograr cuando se trabaja con sistemas completos” (2001, p. 5). La alineación de todo el sistema es esencial porque no importa la capacidad y el progreso que logre obtener el centro; si las políticas externas debilitan estas iniciativas no se puede mantener la tendencia de mejora del centro.

El enfoque integral de Fullan resulta prometedor, pero está claro para la mayor parte de los implicados en el sistema educativo que todavía estamos lejos de alcanzar los sistemas educativos óptimos que deseamos. ¿Qué está ocurriendo realmente en estas iniciativas de reforma que están inhibiendo el cambio que buscamos? ¿Qué efectos y dinámicas ocultas están en activo y producen los resultados que vemos en lugar de los que deseamos?

3 LA DINÁMICA DE SISTEMAS Y LAS POLÍTICAS EDUCATIVAS

El enfoque del sistema integral de Fullan precede a otro enfoque y mentalidad utilizado por muchos otros sistemas y estructuras sociales conocidos como modelos de sistemas dinámicos –una metodología que nos ayuda mejor a diseñar y responder a los complejos sistemas que conforman nuestra realidad.

En realidad, todas nuestras estructuras sociales y sistemas complejos y lo que Fullan comenzó a observar es la naturaleza de estos sistemas, que son estructuras complejas interconectadas que están llenas de bucles de retroalimentación en los cuales los comportamientos y las acciones en una parte del sistema afectan (o son constreñidos) por otra parte del sistema. Se caracterizan por un comportamiento no lineal contraintuitivo, en el que no solo es el efecto raramente proporcional a la causa, sino que a menudo se encuentran totalmente separados dentro del sistema.

En otras palabras, los efectos o los cambios a una parte del sistema a menudo se resuelven de manera muy diferente a la que se pretendía porque el cambio causa efectos dinámicos en la totalidad del sistema.

Esta complejidad hace que todos los sistemas sean inherentemente difíciles de comprender de forma intuitiva, y por tanto resistentes a la formulación de políticas, ya que a menudo nuestras decisiones provocan respuestas que no esperábamos (Serman, 2001). El sistema educativo no es diferente de otros sistemas complejos. Hay muchos ejemplos en la política educativa actual en los que los resultados obtenidos son muy diferentes de los que se había previsto. (Groff, 2009; Wheat, 2000). Podemos observar un ejemplo en la Figura 2.

La Dinámica de Sistemas (DS), una metodología y campo de estudio más amplio, se desarrolló hace más de 50 años en un intento de hacer frente a la complejidad y la dificultad de trabajar con sistemas complejos, y posteriormente ha sido aplicada a numerosos campos, entre ellos el ámbito de los negocios, la medicina, la economía e incluso en el campo de los cambios medioambientales (Forrester, 1998). En esencia, esta metodología nos ayuda a crear modelos de las dinámicas principales de un determinado sistema, ofreciendo herramientas para:

- esquematizar la estructura de retroalimentación de sistema para poder entender por qué el sistema se comporta de la forma en que lo hace;
- probar y planificar políticas antes de ponerlas en práctica;
- y
- aumentar la probabilidad de que produzca los resultados deseados.

Desgraciadamente, apenas se han utilizado este tipo de recursos en el campo de la política educativa. A pesar de que algunos investigadores destacados empezaron a introducir estas herramientas en el discurso de la reforma educativa hace más de dos décadas, podemos conjeturar que esta falta de presencia en la labor de reforma educativa se debe en gran medida a la falta de familiaridad de la población con los sistemas complejos, como demuestra el diseño de la mayor parte de las reformas llevadas a cabo en los últimos 50 años. Aunque son escasos, los pocos ejemplos que se han dado merecen ser examinados.

Wheat ha podido representar dinámicas que no podían predecirse sobre el rendimiento escolar cuando se implantó una Normativa de Aprendizaje en un sistema educativo mediante la generación de un efecto secundario no esperado que iba en detrimento de la normativa implantada (2000). Wheat creó un

modelo que presentaba una tasa de éxito del 70%” en las evaluaciones instauradas junto con la nueva normativa, lo que para algunos resultó ser bastante razonable; sin embargo, a medida que se va consiguiendo el objetivo con el paso del tiempo, se producirá un aumento en las expectativas que no será sostenible, afectando a la motivación de alumnado y profesorado, “de ese modo reduciendo la productividad en el aprendizaje y provocando que las tasas de aprendizaje sean más bajas de lo que hubieran sido de otro modo (2000, p. 7).

¿Cómo puede ocurrir esto? Desgraciadamente, la mayor parte de la legislación se diseña siguiendo un pensamiento lineal de causa-efecto, y se aprueba con poco o ningún análisis de sus efectos por parte de las autoridades que lo impulsan o sus defensores. Jay Forrester, padre de la DS, explica que “los gobiernos aprueban las leyes después de realizar experimentos superficiales utilizando un país a modo de laboratorio... sin tener en cuenta un modelado dinámico de los efectos a largo plazo” (1998 p. 6). Aquí es donde radica el máximo potencial de las herramientas de dinámica de sistemas –ponen a prueba nuevas políticas y cambios del sistema, en lugar de utilizar el actual sistema educativo como un banco de pruebas para las políticas generadas con la línea de pensamiento humano de causa-efecto.

Cuando se construye un modelo utilizando herramientas de dinámica de sistemas, se pueden planificar mejor las políticas a adoptar y los cambios a realizar ya que podemos predecir su dinámica. Aunque la metodología puede ser lenta y difícil, pone a nuestra disposición la mejor manera de poder “obtener experiencia con un sistema, porque la actividad en el sistema real resultaría inviable, costosa o imposible” (Banathy, 1973; Garet, 1974). Forrester aboga por este tipo de “diseño del futuro” – “la gente trata de hacer frente a los fallos de los sistemas, pero rara vez intentan rediseñar los sistemas para reducir el fracaso” (1998, p.1).

3.1 La complejidad dinámica

¿Qué hace que estos sistemas sean tan complejos? Y como resultado, ¿qué hace que sea tan complicado y difícil ver qué es lo que está ocurriendo en ellos?

Como ya hemos indicado anteriormente, solemos desenvolvemos con modelos mentales que nos indican cómo percibimos que funcionan las cosas. Sin embargo, en términos generales, estos modelos resultan muy insuficientes. Lo que hace que nuestros modelos mentales sean insuficientes (como los que probablemente son los causantes de la situación planteada en la Figura 1) no es la falta de complejidad o la falta de entendimiento de la complejidad del sistema por lo que respecta al número de posibilidades a la hora de tomar una decisión (la también llamada complejidad combinatoria). Más bien, por lo general, suele deberse a la complejidad dinámica – “el comportamiento contraintuitivo de los sistemas complejos que surge de las interacciones entre los diferentes agentes en el tiempo” (Serman, 2001, p. 11).

Las diferencias que suponen un mayor reto entre los sistemas sencillos y los complejos son muchas y con frecuencias totalmente opuestas. Por ejemplo, en un sistema complejo, la causa real de un comportamiento puede provenir de otra parte del sistema, a menudo de un lugar que está vagamente alejado; en los sistemas complejos, lograr un objetivo a corto plazo puede implicar a menudo que haya consecuencias no deseables a largo plazo; y en los sistemas complejos la decisión a tomar que resulta más obvia suele ser una de las opciones no efectivas (Forrester, 1997). Y, por supuesto, cabe añadir a la complejidad

inherente a la toma de decisiones la naturaleza jerárquica de los sistemas complejos; los objetivos de un subsistema pueden contradecir o poner en riesgo el buen funcionamiento de un sistema más general.

En la Figura 2 se describe una amplia discusión sobre la complejidad dinámica de los sistemas. Es este tipo de complejidad, y la falta de comprensión de su naturaleza, la que conduce a esa resistencia a la política y a la toma de decisiones que da lugar a efectos no deseados en el sistema. Esta complejidad requiere que contemos con algo más que con nuestros modelos mentales para el análisis de sistemas complejos y para la creación de las políticas y las estructuras que regirán el futuro de estos sistemas. En casos en los que así se ha hecho, se ha logrado un éxito considerable. Gran diversidad de campos desde la medicina al ámbito de los cambios medioambientales, pasando por la economía regional, han utilizando el enfoque de la dinámica de sistemas.

Figura 2. Características de la complejidad dinámica de los sistemas complejos (adaptado de Serman, 2001, p. 12).

Características de la complejidad dinámica de los sistemas complejos

- Reto constante – El cambio en los sistemas ocurre en muchas escalas de tiempo, y estas diferentes escalas a veces interactúan.
- Fuerte interconexión – Los actores de un sistema interactúan fuertemente entre sí y con el mundo natural, todo está conectado con todo lo demás.
- Regido por la retroalimentación – Nuestras acciones se retroalimentan a sí mismos, dando lugar a una nueva situación como resultado de nuestras acciones.
- Non-lineal – El efecto es raramente proporcional a la cause, y lo que sucede a nivel local en un sistema a menudo no es aplicable a regiones distantes; surge cuando múltiples factores interactúan en la toma de decisiones.
- Vinculado a la historia – Optar por una decisión a menudo implica que se dejen otras de lado y determina dónde se termina; muchas acciones son irreversibles.
- Auto-organización – La dinámica de sistemas surge espontáneamente de su estructura interna, generando patrones en el espacio y el tiempo la creación de la dependencia del camino.
- Adaptivo – Las capacidades y las normas de decisión de los agentes en los sistemas complejos cambian con el tiempo. La adaptación también ocurre a medida que las personas aprenden de la experiencia, sobre todo a medida que se aprenden nuevas formas de lograr los objetivos de cara a los obstáculos. Sin embargo, aprender no es siempre beneficioso.
- Definido por la compensación – Los retrasos en los canales de retroalimentación implican que la respuesta a largo plazo de un sistema a una intervención es a menudo diferente de su respuesta a corto plazo. Las políticas con alto nivel de apalancamiento a menudo generan una mejoría transitoria antes de que el problema se agrave.
- Contra-intuitivo – La causa y efecto son distantes en el tiempo y en el espacio, pero a la vez tendemos a buscar las causas cercanas a los acontecimientos que tratamos de explicar.
- Resistente a los cambios políticos – La complejidad de los sistemas en los que estamos inmersos abruma nuestra capacidad de comprensión, lo que resulta en muchas soluciones aparentemente obvias a los problemas que terminan fracasando o que en realidad empeoran el problema.

3.2 System Dynamics Dinámica de Sistemas

“La cuestión no es si se utilizan o se ignoran modelos. La cuestión es simplemente la elección entre modelos alternativos” (Jay Forrester, 1971, p. 4).

La comprensión de la estructura y de las interconexiones que crean el comportamiento de un sistema definido es el objetivo de la dinámica del sistemas. La dinámica de sistemas es un campo que nos ayuda a superar la resistencia política y las limitaciones humanas inherentes descritas anteriormente. Las herramientas de la dinámica del sistemas demuestran y revelan la complejidad de un sistema que de otro modo no seríamos capaces de apreciar y contrarresta la tendencia a realizar un análisis observando el sistema como un todo, hecho que lo convierte en un campo inherentemente interdisciplinario.

Un modelo de dinámica de sistemas es una representación de la estructura de un sistema. Como todos los modelos, estos modelos nunca son representaciones totalmente exactas de los comportamientos que se dan en nuestra realidad. Sin embargo, las herramientas de la dinámica de sistemas nos proporcionan un medio de poder utilizar el conocimiento que subyace en nuestros modelos mentales con una representación más precisa de la complejidad del sistema. Los sistemas son la estructura fundamental de nuestro mundo. Los sistemas simples se anidan dentro de sistemas complejos más grandes, que están anidados dentro de sistemas complejos más grandes, y así sucesivamente. El empleo de la dinámica de sistemas para la construcción de un modelo útil requiere determinar el alcance del sistema que va a ser examinado. En la Figura 3 se representa la complejidad jerárquica del sistema educativo de Estados Unidos. Un análisis de la dinámica del sistema puede llevarse a cabo dentro de cualquiera de estos niveles, o entre uno o más de estos niveles. El modelado de estas diferentes dinámicas dependerá de la definición del alcance del problema, que se consigue a través de las cuatro herramientas generales utilizadas en la dinámica del sistemas, descritas en la Figura 4. De forma general, solemos estar más familiarizados con gráficas de variables de comportamiento en el tiempo. Nos ayudan a identificar un problema o comportamiento no deseado y por lo tanto a identificar un punto de partida para un proyecto de dinámica de sistemas. Una vez hemos definido el “qué”, los diagramas de bucle causal y los diagramas de flujos/depósitos nos ayudarán a identificar el “por qué”.

Figura 3. Niveles jerárquicos del análisis del sistema de políticas educativas.

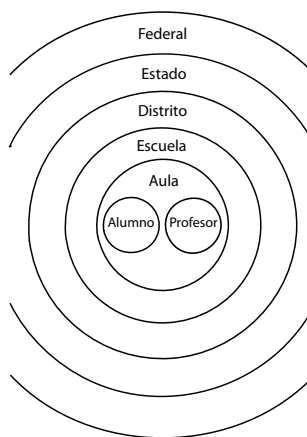


Figura 4. Herramientas de sistemas dinámicos (adaptado de Catalina Foothills School District, 2003).

<p>Gráficos de comportamiento en el tiempo – sobre el cambio en el sistema de forma lineal, eje X.</p>	
<p>Diagramas de bucle causal – Intentar comprender el comportamiento en el tiempo implica la comprensión de la dinámica del sistema, que se genera por bucles causales y de retroalimentación en el sistema. Los Diagramas de Bucle Causal nos ayudan a visualizar los bucles e ilustran cómo pueden interactuar entre sí.</p>	
<p>Diagrama de depósito/flujo – Los depósitos son la acumulación de algún elemento en el sistema, como dinero, late, etc. Los flujos son las tasas de variación de estos depósitos, como el ahorro o la tasa de gasto. Los circuitos de retroalimentación dentro de un sistema son los que controlan estos flujos. A través de estos tres componentes, uno puede representar la dinámica de un determinado sistema. Algunas de las herramientas para la creación de Diagramas de Bucle Causal y de depósito/flujo son STELLA, Vensim y DYNAMO.</p>	
<p>Modelos de simulación por ordenador – Una vez que un sistema se esquematiza a través de un diagrama, se puede probar mejor su exactitud a través de la construcción de una simulación por ordenador de ese modelo. Mientras que una sola persona no podría calcular simultáneamente las relaciones de interdependencia de sistemas de tiempo que producen el comportamiento problemático, sí se puede realizar mediante un modelo informatizado. Numerosas herramientas han sido desarrolladas con este fin, incluyendo StarLogo y NetLogo.</p>	

La construcción de modelos formales pone de relieve las suposiciones y los cálculos erróneos presentes en nuestros modelos mentales. Si bien no existe un modelo, formal o informal, que vaya a poder representar nuestra realidad de forma total y exacta, la utilidad y la validez de un modelo simulado puede basarse en su capacidad de clarificar nuestro pensamiento y proporcionarnos información sobre el sistema, por lo que los modelos pueden ser evaluados en función de (Forrester, 1968):

- la claridad de su estructura, particularmente en comparación con la claridad de la descripción verbal;
- si las suposiciones subyacentes están más claramente expuestas o no;
- el nivel de seguridad con el que se presentan las secuencias de variación en el tiempo correctas; y
- la facilidad de comunicación de su dinámica en comparación con la descripción verbal.

Los modelos son herramientas, por lo que podemos considerar que un modelo es útil y válido cuando se convierte en la herramienta más útil y válida para la comprensión de la situación que está siendo analizada. Mediante el uso de estas herramientas se empieza a desarrollar el pensamiento sistémico, fundamental para superar la resistencia a los cambios políticos. Para una

breve introducción a los conceptos y los bloques de construcción de los modelos de dinámica de sistemas, pueden consultar el Apéndice – *Un ejemplo de Dinámica de Sistemas en activo: un modelo genérico de la difusión de la actividad contagiosa o infecciosa*.

4 EL USO DEL MODELADO DE SISTEMAS DINÁMICOS EN EL DISEÑO DEL SISTEMA EDUCATIVO

Dada la magnitud y complejidad de muchos sistemas educativos nacionales, la dinámica de sistemas ofrece un conjunto de herramientas y una manera de pensar que no solo puede ayudar a desentrañar las complejidades y las claves de los sistemas existentes, sino que también nos ofrecen la alentadora esperanza de poder elaborar estratégicamente futuras políticas de sistema y estructuras que nos permitan crear sistemas educativos más eficaces.

Las jerarquías anteriormente mencionadas encontradas en el sistema educativo estadounidense en la Figura 4 revelan los diferentes niveles en los que el análisis de sistemas puede tener lugar, dentro y entre, en numerosas variables (o depósitos). Por descontado el resultado del sistema o depósito más obvio y más controlado es el rendimiento escolar, que se mide en las pruebas de evaluación oficiales. Sin embargo, algunos expertos sostienen que la mayoría de las evaluaciones que se utilizan para este fin no reflejan con precisión el rendimiento estudiantil y el desarrollo cognitivo en un campo (Dawson & Stein, 2008); si bien está fuera de los objetivos del presente artículo entrar a discutir este aspecto, sí cabe destacar que las evaluaciones que se utilizan para determinar los resultados de un sistema son diseñadas por el hombre y tienen, potencialmente, graves deficiencias, algo que puede afectar dramáticamente la forma en la que se percibe el sistema y por lo tanto los ajustes que se realizan en el sistema de manera perjudicial. Sin embargo, incluso si las evaluaciones que se llevan a cabo con el fin de medir y monitorizar el depósito del rendimiento escolar con el paso del tiempo, hay innumerables variables dentro de un sistema que pueden ejercer un determinado efecto, y por tanto su influencia en el sistema debe de ser examinada. Algunos de los posibles depósitos que pueden ser medidos y representados mediante un diagrama son:

- la proporción entre profesor y número de alumnos
- el ámbito curricular
- el desgaste y abandono de los docentes
- el índice de alumnos que llegan a graduarse
- las calificaciones en el sistema de responsabilidad de cada centro

Algunos de estos depósitos, entre otros muchos, tienen un fuerte impacto en el rendimiento de los estudiantes y por tanto constituyen una dimensión esencial en el análisis del sistema educativo. Debido a la complejidad de las jerarquías y las variables dentro de y entre las jerarquías, puede ser extremadamente complejo tratar de plasmar en un diagrama estas dinámicas. Sin embargo, la parte positiva es que cualquier concepto que pueda ser claramente descrito con palabras puede ser incorporado a un modelo informatizado (Forrester, 1971). El gran beneficio de los modelos mentales es que representan un vasto cuerpo de conocimiento sobre la dinámica del sistema, que a su vez se utiliza para construir representaciones y simulaciones

más precisas. Del mismo modo, estos datos son también una pieza fundamental para la construcción de buenas simulaciones y modelos informáticos. Una de las cualidades más destacables en el campo de la educación es el abanico tan amplio de estudios de investigación y de datos disponibles que puede ser usado para estos propósitos. Aprovechando estos dos recursos podremos construir modelos educativos potentes y también tendremos la capacidad de comprender la dinámica actual, diseñar políticas más sólidas y que las intervenciones políticas prosperen.

A continuación se muestra un ejemplo de modelado basado en la investigación educativa en el ámbito nacional estadounidense; el modelo de dinámica que se da en el sistema educativo de Estados Unidos.

4.1 El número de alumnos por clase y la ley Que Ningún Niño se Quede Atrás

El tamaño de la clase y la proporción entre profesor y número de alumnos han sido considerado factores críticos en el rendimiento estudiantil. Aunque su impacto tangible sobre el rendimiento escolar ha sido ampliamente debatido, el Centro para la Educación Pública llevó a cabo un meta-análisis de los estudios existentes y llegó a varias conclusiones que resultan clave: las clases con menos número de alumnos, especialmente desde parvularios hasta el 3º curso de primaria, puede estimular el éxito académico de los estudiantes; para obtener unos resultados óptimos se requiere un tamaño de clase de no más de 18 alumnos por profesor; y, por último, los estudiantes que provienen de minorías o de familias con pocos ingresos económicos se benefician todavía más de formar parte de clases de tamaño reducido en primaria (Centro para la Educación Pública, 2007).

A partir de estos resultados, podemos concluir que el tamaño de la clase es un depósito que debe vigilarse. Por ejemplo, a mediados de la década de 1990, el tamaño del aula media en la educación primaria media en California era de 29 alumnos (Bohrstedt y Stecher, 2002). Por los resultados anteriormente mencionados, este número de alumnos quedaría muy por encima del ratio profesor-alumnos que se podría considerar aceptable. La situación de este depósito podría entenderse como una alerta para que se considere el diseño e implementación de políticas que ayuden a disminuir esta proporción. En el lenguaje de la dinámica de sistemas, podríamos tratar de entender la dinámica actual del sistema con el fin de crear nuevos bucles de retroalimentación que reduzcan este depósito.

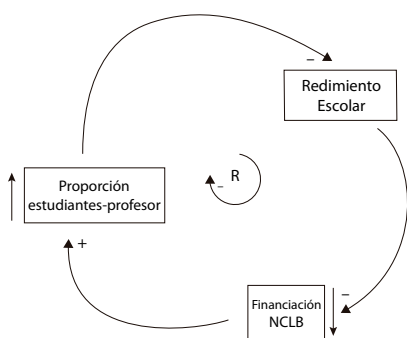
Podemos empezar a comprender las causas del cambio en un depósito de este tipo mediante la identificación de las influencias o elementos del sistema que tienen un efecto en este cambio utilizando diagramas de bucle causal. A menudo estos diagramas se basan en la información que almacenamos en nuestros modelos mentales y en los conocimientos que tenemos. Un bucle causal que podríamos identificar está relacionado con las estructuras políticas actuales de la ley Que Ningún Niño se Quede Atrás (No Child Left Behind o NCLB). Esta ley, promulgada en 2001, trató de mejorar el rendimiento de los estudiantes de las escuelas primarias y secundarias mediante el aumento de los requisitos necesarios para obtener financiación federal. Según la ley, las escuelas que de manera consistente obtenían un rendimiento inferior estaban sujetas a la pérdida de financiación y a una posible adquisición por parte del gobierno.

Si bien esta ley fue formulada sin duda con la intención de dar un “empuje” a los profesores para que mejoraran su labor docente y así proporcionar a todos los estudiantes una educación

adecuada, podemos ver un bucle de refuerzo no intencional que en última instancia puede tener el efecto justamente contrario; en la Figura 5 se muestra un diagrama de bucle causal que demuestra el funcionamiento de esta dinámica. Si las escuelas ya estaban teniendo malos resultados y tenían proporciones alumno-docente por encima de las recomendables antes de la implementación de la ley NCLB, no estaban en la situación idónea para poder cumplir con los requisitos de la NCLB.

Después de que los estudiantes tuvieran un bajo rendimiento de forma continuada, el centro escolar debería recibir menos financiación federal, quedándose por tanto con menos recursos para administrar el funcionamiento del centro. Un modo de combatir esta falta de recursos es fusionando clases y aumentando el número de estudiantes por profesor, aumentando así la proporción profesor-estudiantes, que como hemos visto conduce a una reducción del rendimiento académico y así sucesivamente, a medida que el bucle se va reforzando. Cabe tener en cuenta también la tercera observación del Centro para la Educación Pública, que indicaba que los estudiantes procedentes de minorías o con bajos ingresos (a los que más dirigida va la ley NCLB) son los que sufren las consecuencias del ratio profesor-estudiantes. Por lo tanto, las escuelas con gran parte del alumnado procedente de minorías o de entornos con pocos recursos son las más propensas a caer en este bucle de refuerzo.

Figura 5. Diagrama de Bucle Causal que refuerza el bucle en la ley NCLB.

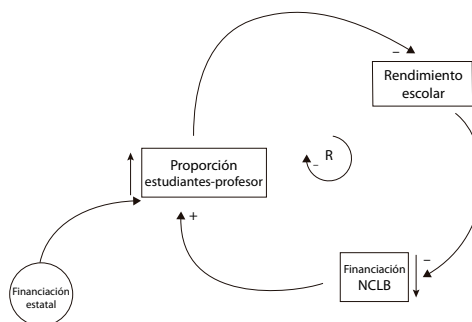


Podemos añadir otras dinámicas relacionadas con este bucle de retroalimentación para aumentar la complejidad de nuestro modelo y poder comprender mejor la verdadera dinámica de lo que ocurre. Por ejemplo, cuando se ejecutó la ley NCLB, muchos estados estaban sumidos en una crisis fiscal, recortando presupuestos y sufriendo reestructuraciones (Sunderman, Kim, & Orfield, 2005); como resultado, muchos de los centros no estaban en condiciones de cumplir adecuadamente los requisitos que exigía la ley, añadiendo así otro elemento más que afectaba al buen funcionamiento del sistema (ver Figura 6). Los centros escolares en esta situación estaban, por tanto, abocados al fracaso desde el principio.

En su forma actual, este modelo pone de manifiesto la dinámica general de las estructuras actuales dentro el sistema. Esta información puede y debe ayudar a guiar la formulación de políticas a nivel federal, y también pueden ser aplicada a nivel más local. El siguiente paso sería que un sistema escolar más localizado ampliase estos modelos, añadiendo las dinámicas relevantes a su situación actual, y luego generara una simulación de ese modelo con el software de modelado por ordenador. La eficacia de este proceso ha sido demostrada y se ha hecho uso de él de manera satisfactoria en muchos otros campos con el fin de descubrir las dinámicas no previstas que se dan en el diseño del

sistema y, por lo tanto, tiene mucho que ofrecer en el campo de la educación. En la siguiente sección ejemplificaremos este proceso a través de un estudio de caso de Rhode Island, Estados Unidos, y los efectos de la ley NCLB en el currículo y la enseñanza en ese sistema educativo.

Figura 6. Diagrama de Bucle Causal que refuerza el bucle de la ley NCLB que refuerza las dinámicas de financiación estatal del 2002.



4.2 Estudio de Caso: Rhode Island y la ley Que Ningún Niño se Quede Atrás

En el curso académico 2007-2008, los investigadores del Centro de Política Educativa (CEP), en Washington DC, Estados Unidos, llevaron a cabo un análisis de los efectos de la ley No Child Left Behind en el currículo y la enseñanza en centros de educación preescolar, primaria y secundaria en el estado de Rhode Island (Srikantiah, Zhang, y Swayhoover, 2008). En el estudio participaron dos centros de educación secundaria, una escuela de educación media, y tres escuelas de educación primaria; algunos de estos centros recibían financiación del programa Título I para los alumnos con bajo rendimiento escolar y otros no.

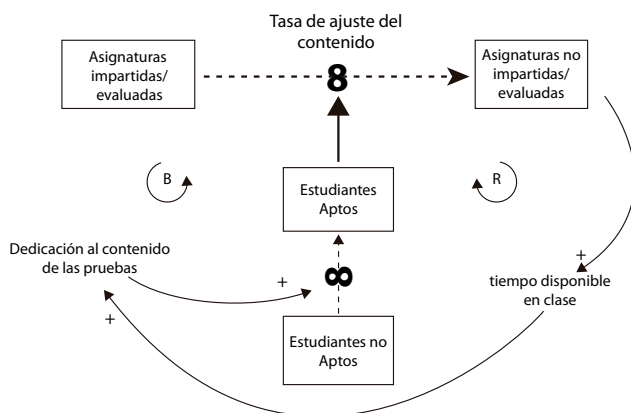
Desde una perspectiva de análisis, Rhode Island es un caso único en el sentido de que su tamaño permite que haya más uniformidad a lo largo del estado que en otros estados de mayor tamaño (es el más pequeño por extensión, permitiendo que los datos recogidos puedan generalizarse más fácilmente y resulten aplicables a todo el estado. El CEP estableció grupos focales y realizó entrevistas con todas las partes implicadas en el funcionamiento de estos centros – desde la dirección, profesores o asesores, a padres y alumnado. Como se ha indicado anteriormente, esta información no es solo fundamental para el modelado de sistemas dinámicos que esperamos generar, sino que además estaremos tratando con los individuos con los que comprobaremos la consistencia y rigurosidad de nuestro modelo. Además de esta información, los investigadores también llevaron a cabo la observación durante un periodo de tiempo de la actividad dentro de las aulas. Relacionamos a continuación algunos de los hallazgos principales:

- El uso del tiempo en el aula para la preparación de la prueba de evaluación. Alegando la presión que implica “enseñar para el examen” se modificó el currículum para que se centrara en el contenido específico y las habilidades que se evaluarían en la prueba oficial.
- El docente como guía del proceso enseñanza-aprendizaje. Una parte considerable del tiempo pasado en el aula se utilizó para contestar preguntas cerradas, similares a las que se podrían encontrar en las pruebas de selección múltiple, y se invirtió menos tiempo en el aprendizaje independiente del alumnado.

—Mayor cantidad de tiempo invertido en la materia a evaluar.
 Los participantes alegaron que se dedicaba más tiempo a la enseñanza de lengua y literatura inglesa y matemáticas, lo que implicaba que se dedicara menos tiempo a otras áreas a las que se les prestaba más atención anteriormente.

A partir de toda esta información podemos empezar a construir nuestro modelo (ver Figura 7). Empezamos identificando nuestros depósitos; en este caso, el currículo (o las asignaturas) son nuestro depósito. Las materias impartidas y las no impartidas representan los dos depósitos que lo forman, y por tanto la tasa de cambio entre ellas será la tasa de ajuste del contenido. Una vez hemos fijado el centro de nuestro modelo, el objetivo será descubrir las dinámicas que afectan a esta tasa. Algunas de estas dinámicas son muy directas. Por ejemplo, a medida que los profesores empiezan a dedicar más tiempo de la clase a la materia que aparecerá en las pruebas de evaluación, el depósito de “asignaturas no impartidas/evaluadas” aumenta, lo que aumenta el “tiempo disponible en clase”. Como el “tiempo disponible en clase” aumenta, se aumenta la “dedicación al contenido de las pruebas”, creándose así un bucle de refuerzo. La “dedicación al contenido de las pruebas” también se ve aumentada por la disminución del depósito “asignaturas no impartidas/evaluadas”. Esta variable, “dedicación al contenido de las pruebas”, tiene dos refuerzos, por lo que el bucle debe ser completado.

Figura 7. Diagrama de depósito/flujo de los efectos de la dinámica de la ley NCLB en el estado de Rhode Island en 2008, realizado por el Center for Educational Policy (Srikantaiah, Zhang & Swayhoover, 2008).



A partir de los datos recogidos por los investigadores del CEP se observa que los participantes del estudio eludían el hecho de que la presión de impartir la docencia con la prueba de evaluación en mente se originaba de la necesidad de cumplir con los niveles mínimos de competencia escolar. Esto identifica el segundo depósito que se debe incluir en el diagrama, dividido entre “estudiantes aptos” y “estudiantes no aptos”, entendiendo por esta aptitud o dominio el término definido por la ley NCLB para identificar a aquellos estudiantes que se desempeñan a un nivel deseable en las pruebas oficiales. El flujo entre estos dos depósitos se ve afectado por la variable “dedicación al contenido de las pruebas”, completando así el bucle y nuestro diagrama depósito/flujo.

5 DISCUSIÓN

El estudio de caso de Rhode Island que aquí se presenta ofrece una aplicación muy básica del modelado de dinámica de sistemas en el campo de la política educativa con el fin de mostrar el proceso y el enfoque de la dinámica de sistemas. Sin embargo, con el fin de representar con mayor precisión la dinámica de este estudio de caso, hay que considerar la opción de agregar otros depósitos stocks adicionales, particularmente aquellos que hemos analizado en este estudio de caso como el enfoque pedagógico del profesor (en este caso, la utilización de preguntas cerradas frente a preguntas de respuesta abierta). Los siguientes pasos implicarían involucrar a los participantes del estudio con el modelo para que expresasen su opinión sobre validez la validez del mismo, y después construir una simulación por ordenador basada en los datos de rendimiento estudiantil actual y otros datos que se puedan recoger como la frecuencia de las diversas pedagogías y la preparación para las pruebas en el aula. Incluso en su forma actual, empezamos a tener una mejor comprensión de las dinámicas en juego en el contexto de este estudio de caso. El modelo sugiere que el contenido y el funcionamiento de las clases se está ajustando cada vez más a todo lo que esté directamente relacionado con la preparación de las pruebas de evaluación. A un determinado nivel esto se podría desestimar fácilmente como una dinámica de la adopción de evaluaciones sumativas en el sistema educativo. Sin embargo, análisis como los realizados por el CEP, seguidos de un modelado de la dinámica del sistema pueden considerarse métodos sólidos a tener en cuenta para intentar esclarecer cuales pueden ser las consecuencias no intencionadas y considerablemente negativas que se pueden desencadenarse.

Por ejemplo, tener el modelo con información de apoyo de los participantes en el estudio en la que describen el tiempo y la atención que se ha reducido de asignaturas que no son lengua, literatura o matemáticas, así como los datos que ponen de relieve la cantidad de tiempo que se invierte en preguntas de respuesta cerrada, ponen de relieve dos dinámicas fundamentales que son opuestas a la teoría del aprendizaje y a la investigación en el diseño de entornos de aprendizaje de calidad (OECD, 2010). Mientras que los educadores y otros grupos de interés quizás solo hayan manifestado preocupaciones y desacuerdos sobre las dinámicas y la dirección de los centros y de las aulas por lo que respecta a las pruebas académicas decisivas, el modelado de dinámica de sistemas nos ofrece herramientas concretas para que los encargados de formular las políticas puedan identificar las dinámicas que resultan perjudiciales y abogar por mejores políticas y diseños de sistemas

6 CONCLUSIONES

¿Cómo puede utilizarse el modelado de dinámica de sistemas de forma más proactiva para diseñar los sistemas educativos del futuro? Es de vital importancia evitar la creación e implementación de políticas que tengan efectos dañinos en el sistema ya que la complejidad y la magnitud de nuestros sistemas educativos continúan expandiéndose y, lo que es más importante, las trayectorias de aprendizaje de nuestros hijos se está viendo afectadas como consecuencia de ello.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha liderado este planteamiento con su trabajo en el proyecto Think Scenarios (“imaginando casos hipotéticos”), que utiliza modelos de supuestos hipotéticos para facilitar información a los líderes en materia de educación de

cara a la formulación de políticas (OECD, 2006). Un enfoque dentro de este trabajo es el enfoque “posibilidad-espacio”, un método para la generación de un conjunto más amplio de supuestos futuros, para llegar más allá de las limitaciones de los supuestos tendenciales o basados en determinadas preferencias (Miller, 2006).

Miller destaca los paralelismos y las tensiones presentes en el trabajo realizado por los historiadores y futuristas en el modelado de escenarios (2006). Ambos han utilizado “pistas en el presente y el pasado a fin de fundamentar sus análisis de cómo y por qué la vida podría o no desarrollarse, utilizando métodos y teorías que tienen en cuenta múltiples niveles de interacción compleja y de causalidad” (p. 96). Los supuestos hipotéticos desarrollados por los historiadores tienden a ser limitados en su visión, atrapados por tendencias actuales, mientras que los supuestos hipotéticos futuristas tienden a carecer de precisión y practicidad. Como resultado, hay dos problemas fundamentales con estos enfoques: (1) riesgo de falta de miras y de imaginación, y (2) falta de precisión analítica.

El modelado de sistemas dinámicos es capaz de superar estos problemas. Aprovechando este enfoque y utilizándolo con el enfoque “posibilidad-espacio”, los agentes educativos pueden diseñar estratégicamente supuestos futuros del sistema educativo que generen los resultados deseados y que se apoyen en datos y modelos del pasado. Muy recientemente se han logrado avances significativos de investigación en la aplicación de la dinámica de sistemas y herramientas de modelado para guiar el desarrollo de políticas futuras basándose en el análisis de las dinámicas pasadas y actuales en educación, en particular en lo que respecta al desarrollo de los estudiantes de ciencias y matemáticas. Desarrollado por la empresa Raytheon en los últimos tres años, el modelo procesa datos sobre variables como el tamaño de la clase, la rotación de personal docente, las diferencias de género, el salario de los docentes, y los datos de la investigación académica. Lo más loable de esta iniciativa es el sitio web de apoyo de la herramienta, diseñada para permitir que cualquiera que se registre pueda descargar libremente el modelo y contribuir al análisis y al discurso del mismo. En este aspecto el modelado es más poderoso, cuando el conocimiento de las partes interesadas dentro del sistema puede ayudar a formar el modelo, lo que aumenta considerablemente su validez. Brian Wells, jefe de ingenieros de sistemas de Raytheon, que ayudó a desarrollar el sistema, explicó recientemente en un artículo de Education Week que “el modelo no está destinado a proporcionar soluciones definitivas, sino más bien a ayudar a los responsables políticos a pensar en el problema, y a descubrir las consecuencias no deseadas que se pueden producir” (Cavanagh, 2009). Este es un paso muy importante y digno de observación en el ámbito de la política educativa.

6.1 Diseñando el futuro

Intentar avanzar para cambiar nuestras escuelas y convertirlas en instituciones eficaces y sostenibles que satisfagan las necesidades de los estudiantes del siglo 21 puede parecer una tarea de enormes proporciones. Sin embargo, si prestamos atención a las lecciones aprendidas en anteriores reformas educativas, a la investigación en educación, y a los estudios sobre sistemas, podemos crear un plan para el diseño eficaz de estos sistemas, en lugar de tratar de hacer cambios parciales que tienen pocas posibilidades de ser sostenido por el sistema (Hargreaves, 2003). La transformación implica trabajar estratégicamente dentro de los tres niveles de los sistemas (ver Figura 3) para redefinir la esencia de la enseñanza-aprendizaje a

través de la innovación disciplinada, diseñando estratégicamente y construyendo una infraestructura para mantenerla de forma sistemática.

Sin duda esta es, como mínimo, una tarea de enorme envergadura. Sin embargo, las dinámicas y los efectos del sistema actual demuestran la necesidad ineludible de realizar este tipo de análisis y diseño estratégico. Las incógnitas sobre el futuro del sistema educativo para satisfacer las necesidades del siglo XXI, junto con la situación actual en la que contamos con un gran corpus de investigación en materia educativa, hacen de este un momento óptimo para llevar a cabo este tipo de diseño estratégico. Aprovechando el modelado de sistemas dinámicos para cumplir con este objetivo puede ayudarnos a crear un sistema educativo que sea eficaz y justo para todos nuestros estudiantes.

6.2 La utilización de DS para profundizar en el conocimiento de nuestro campo

La utilización de modelos de sistemas dinámicos es una metodología y un conjunto de herramientas muy potente que ha tenido un gran impacto en diferentes campos fuera del de la educación. Representa un salto hacia adelante de transformación en la forma en que vemos el mundo, y a su vez responde a esta y nos ayuda a diseñarla. Solo podemos especular sobre por qué un avance como este en la forma de acercarnos a la comprensión de los sistemas complejos presentes en nuestra sociedad ha sido aprovechado de forma tan eficaz en otros ámbitos y en cambio ha quedado fuera del de la educación. Independiente de la respuesta, no podemos seguir obviando esta necesidad.

Dado el estado de muchas escuelas e instituciones educativas hoy en día, no solo existe una clara necesidad de que la educación cruce ese umbral y empiece a aprovechar la dinámica de sistemas, sino que es además una urgencia. En el seno del modelado de sistemas dinámicos se encuentra el pensamiento sistémico: la competencia o capacidad de una persona para ver el mundo como un complejo de sistemas interrelacionados en lugar de ver solo partes lineales y diferenciadas (Kauffman, 1980). Es una estructura mental diferente. Una estructura que puede ser y que es enseñada continuamente por los numerosos educadores que aprecian el valor de este tipo de mentalidad. Impartir conocimientos sobre el pensamiento sistémico se ha convertido hoy en día en una práctica común en escuelas de negocios de élite como la MIT Sloan School of Management e incluso en muchas escuelas de educación primaria (Meadows, 2008). Sin embargo todavía le queda mucho terreno por ganar, y muchos adultos no han tenido la oportunidad de estar en contacto con las experiencias y con la enseñanza necesaria como para que pueda ayudarles a cultivar la capacidad de desarrollar un pensamiento sistémico.

Para que nuestros sistemas educativos continúen progresando necesitamos dar el primer paso hacia el pensamiento sistémico, y comenzar a explorar esta forma de pensar y los principios de los sistemas complejos. De este modo podremos tomar decisiones más informadas y utilizar herramientas más precisas como el modelado de sistemas dinámicos. El conocimiento está a nuestra disposición, con innumerables ejemplos de lo efectivo que ha resultado ser en otros campos. Ahora nos toca a nosotros potenciar la voluntad de utilizarlo.

REFERENCIAS

- Axelrod, R. (1976). *The structure of decision: The cognitive maps of the political elites*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Banathy, B. (1973). *Developing a Systems View: The Systems Models Approach*. Lear Siegler Fearon Publishers.
- Barber, M., & Fullan, M. (2005, March 2). 'Tri-level development': Putting systems thinking into action. *Education Week, 24(25)*, 32-35.
- Berman, P., & McLaughlin, M. (1978). *Rethinking the Federal Role in Education*. Santa Monica, Calif: Rand Corporation.
- Bohrnstedt, G., & Stecher, B. (Eds.). (2002). *What we have learned about class size reduction*. Sacramento, CA: California Department of Education.
- Catalina Foothills School District. (2003). *Tips for using system dynamics tools*. A paper for the Creative Learning Exchange, accessed at www.clexchange.org/ftp/documents/Implementation/IM2003-12TipsUsingSDTools.pdf on March 2, 2009.
- Cavanagh, S. (2009). Computer tool sizes up math, science policies. *Education Week, 29(36)*. Retrieved from www.edweek.org/ew/articles/2009/07/08/36simulate.h28.html.
- Center for Public Education. (2007). *Research review: Class size and student achievement*. Retrieved from http://www.centerforpubliceducation.org/site/c.kjXJ5MPIwE/b.1533647/k.3B7C/Class_size_and_student_achievement.htm
- Datnow, A. & Stringfield, S. (2000). Working together for reliable school reform. *Journal of Education for Students Placed at Risk, 5(1)*, 183-204. doi: 10.1080/10824669.2000.9671386
- Dawson, T. L. & Stein, Z. (2008). Cycles of Research and Application in Science Education. *Mind, Brain, and Education, 2(2)*, 90-103. doi: 10.1111/j.1751-228X.2008.00037.x
- Forrester, J. (1998). *Designing the future*. Address at Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain. December 15, 1998.
- Forrester, J. (1997). *System dynamics and K-12 teachers*. Lecture given at the University of Virginia School of Education on May 30, 1996. D-4665-4
- Forrester, J. (1991). System Dynamics and the Lessons of 35 Years. A chapter written for De Greene, K. (eds.) *The Systemic Basis of Policy Making in the 1990s*. D-4224-4 Accessed on March 28, 2009 at <http://sysdyn.clexchange.org/sdep/papers/D-4224-4.pdf>
- Forrester, J. (1971). Counterintuitive behavior of social systems. *Technology Review*, January 1971, 52-68.
- Forrester, J. (1969). *Urban dynamics*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Forrester, J. (1968). *Principles of systems*. Waltham, MA: Pegasus Communications.
- Fullan, M. (2001). *Whole school reform: Problems and promises*. Paper commissioned by the Chicago Community Trust. Retrieved from <http://www.extranet.ou.nl/inter-studie-alg-o31411/Symposium4/materiaal/Whole%20school%20reform%20-%20Fullan.pdf>.
- Fullan, M. (1999). *Change Forces: The Sequel*. Philadelphia, PA: Falmer Press, Taylor & Francis Inc.
- Fullan, M. (1995). The school as a learning organization: Distant dreams. *Theory into Practice, 34(4)*, 230-235. doi: 10.1080/00405849509543685
- Fullan, M. (1994). Coordinating top-down and bottom-up strategies for educational reform. In R. Anson (Ed.) *Systemic Reform: Perspectives on Personalizing Education, 7-24*.
- Fullan, M. (1991). *The new meaning of educational change*. New York, NY: Teachers College Press.
- Fullan, M., Rolheiser, C., Mascal, B., & Edge, K. (2001). Accomplishing large scale reform: A tri-level proposition. Prepared for the *Journal of Educational Change*. Retrieved from http://www.michaelfullan.ca/Articles_01/11_01.pdf.
- Garet, M. (1974). Educational policy and system dynamics. *Journal of Research and Development in Education, 7(2)*, 119-144.
- Groff, J. (2009). *Transforming the Systems of Public Education*. Nellie Mae Education Foundation.
- Hargreaves, D. (2003). *Education epidemic: Transforming secondary schools through innovation networks*. A DEMOS whitepaper.
- Jennings, J., & Rentner, D. (2006). *Ten big effects of the No Child Left Behind Act on public schools*. A report from the Center on Education Policy. Retrieved from <http://www.cep-dc.org>
- Kauffman, D. (1980). *Systems one: An introduction to systems thinking*. Minneapolis, MN: Carlton.
- Krone, E. (2008). *Boycotting NCLB: In effort to protect students Illinois district will refuse test*. The Daily Herald (Illinois) on February 22, 2008.
- McMurrer, J. (2008). *Instructional time in elementary schools: A closer look at changes for specific subjects*. A report from the Center on Education Policy. Retrieved from <http://www.cep-dc.org>
- Meadows, D. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. The Sustainability Institute.
- Meadows, D. (1991). *The global citizen*. Washington, DC: Island Press.
- Miller, R. (2006). Future studies, scenarios, and the "possibility-space" approach. In OECD, *Think scenarios, rethink education*. 93-105. doi: 10.1787/9789264023642-7-en
- OECD (2010). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*. Organisation for Economic Co-operation and Development - Centre for Educational Research and Innovation. Paris, France.
- OECD (2006). *Think Scenarios, Rethink Education*. Organisation for Economic Co-operation and Development - Centre for Educational Research and Innovation. Paris, France.
- Pascopella, A. (2004). Inside the law: Analyzing, debating and explaining No Child Left Behind. *District Administration*, April 2004.
- Quaden, R., Ticotsky, A., & Lyneis, D. (2009). The infection game. *The Creative Learning Exchange, 18(1)*, p. 1-12
- Srikantaiah, D., Zhang, Y., & Swayhoeover, L. (2008). *Lessons from the Classroom: Federal and State Accountability in Rhode Island*. A Center for Educational Policy Report. Washington, DC.
- Sterman, J. (2001). System dynamics modeling: Tools for learning in a complex world. *California Management Review, 43(4)*, 8-25. doi: 10.2307/41166098
- Sunderman, G., Kim, J., & Orfield, G. (2005). *NCLB Meets School Realities: Lessons From the Field*. Corwin Press.
- Wheat, D. (2000). A systems approach to education policy and administration. Presented at the Systems Thinking and Dynamic Modeling Conference in Portland, Oregon, June 25, 2000. Retrieved from www.clexchange.org/ftp/conference/cle_2000/session%2044.pdf

AGRADECIMIENTOS

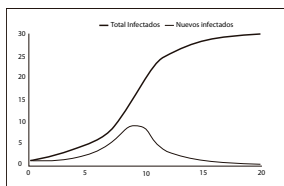
Organismos que han soportado este trabajo: Nellie Mae Education Foundation; Harvard University

Con el fin de llegar a un mayor número de lectores, NAER ofrece traducciones al español de sus artículos originales en inglés. Sin embargo, **este artículo en español no es el artículo original sino únicamente su traducción**. Si quiere citar este artículo por favor consulte el artículo original en inglés y utilice la paginación del mismo en sus citas. Gracias.

ANEXO

Un ejemplo de Dinámica de Sistemas en activo: un modelo genérico de la difusión de la actividad contagiosa o infecciosa

La actividad contagiosa, bien sea de un virus, de un virus informático, de un rumor, una moda, un movimiento social, etc. sigue la misma estructura básica. El gráfico del comportamiento con el paso del tiempo representa el número general de personas afectadas en el tiempo.



El gráfico muestra una curva de infecciones en el tiempo muy característica con forma de s, con un número de infecciones primero creciente que después decae, y se provoca una caída en la tasa de infección global. ¿Cuál es la dinámica subyacente del sistema que provoca este comportamiento? Otras herramientas de dinámica de sistemas nos pueden ayudar a modelar este comportamiento del sistema.

Diagramas de bucles causales Puesto que un sistema se compone de una colección de elementos que interactúan entre sí, las partes del sistema tienen una relación circular, o un “bucle”, en el que el resultado o el comportamiento de un sistema retroalimenta al mismo sistema y afecta su comportamiento futuro. Los Diagramas de Bucle Causal representan los circuitos de información dentro de un sistema. El tipo de bucle de realimentación se determina por el efecto que tiene en el sistema, que incluye:

- Negativo/de balance – los elementos del sistema intentan “invalidar los cambios que se producen en el sistema, buscando por tanto el balance y la estabilidad dentro del sistema. Es el tipo de bucle de retroalimentación más común.
- Positivo/de refuerzo – estos son los motores del crecimiento dentro de un sistema y amplifican el cambio.



Ejemplo de un diagrama de bucle causal.

Los dos tipos de bucle funcionan en el comportamiento infeccioso. A medida que el número de personas infectadas aumenta, la tasa de exposición es mayor, aumentando de este modo la cantidad de nuevas infecciones. Dado que el número de personas sanas disminuye, el número real de nuevas infecciones disminuirá con el tiempo.

Diagramas de depósito/flujo Los diagramas de bucles causales pueden revelar parcialmente qué está sucediendo en un sistema, pero constituirán sólo un esbozo del mismo. Los diagramas de depósito/flujo pueden ilustrar con mayor precisión la dinámica del sistema precisando el movimiento de los elementos de los sistemas y de las fuerzas que causan dicha actividad. Los componentes centrales de un diagrama de depósito/flujo son:

- Depósito – una acumulación de algo en un sistema, bien sea tangible (operonasas, dólares) o abstracto (ira); son los “nombres” del sistema. Los depósitos solo pueden verse afectados por los flujos.
- Flujo – acción o fuerza que mueve los elementos dentro de un sistema (los “verbos”); siempre es una tasa, que se define en términos de unidades de depósitos en el tiempo

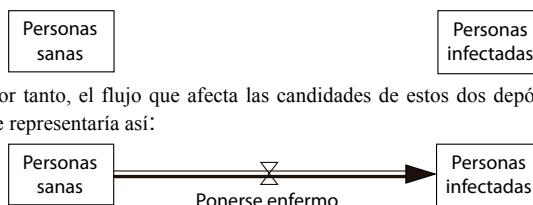
- Conversor – política o información que afecta a la tasa de flujos en un sistema
- Conector – lleva la información de una parte del sistema a otra

Para generar un diagrama de depósito/flujo, o una simulación, debemos:

- (1) Identificar el depósito fundamental, basándonos en la unidad de análisis deseada (como la que se ilustra en el gráfico de comportamiento en el tiempo)
- (2) Establecer qué flujos están afectando los cambios en estos depósitos
- (3) Establecer los elementos presentes en el sistema que afectan las tasas de los flujos (conversores y conectores)
- (4) Identificar la retroalimentación de los depósitos que hace que el sistema sea dinámico

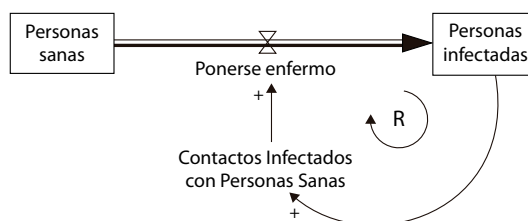
Para la dinámica de la infección la construcción de un diagrama de depósito/flujo se realizaría de la siguiente manera:

En una epidemia infecciosa, las personas son el depósito, pero se debe representar en dos bloques diferenciados: uno para las personas sanas y otro para las personas infectadas:

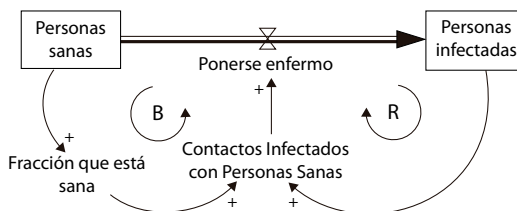


Por tanto, el flujo que afecta las cantidades de estos dos depósitos se representaría así:

A medida que este flujo trabaja, las personas del depósito sano irán moviéndose al depósito de personas infectadas. ¿De qué manera afecta esta acción a la velocidad o el flujo de personas que se ponen enfermas? A medida que el número de personas infectadas aumenta, también lo hace la probabilidad de que una persona sana puede estar expuesta a la enfermedad, por lo que se produce un bucle de refuerzo de la tasa “ponerse enfermo”.



Pero ¿cómo funciona la interacción de la población “sana” con la variable “contactos infectados con personas sanas”? El número de “contactos infectados con personas sanas” depende de la proporción o la fracción de la población que todavía estaba sana. Cuando una fracción mayor de la población estaba sana, la probabilidad de que una persona infectada conociera a una persona sana fue mayor. La “fracción que está sana” es la fracción de la clase que sigue estando sana. Representa la probabilidad de que una persona infectada se encuentre con una persona sana



*Adaptado de Quaden, R., Ticotsky, A., & Lyneis, D. (2009). *The infection game. The Creative Learning Exchange*, 18(1), p. 1-12.