

Proyecto ENLACE-FONDECYT

Los efectos del redescubrimiento guiado sobre los modelos mentales

Duración: 1 año

Investigador responsable: Martin Schaffernicht

Co-investigador: Patricio Madariaga

II. Resumen

El proyecto se sitúa en el campo del “modelar y simular para aprender”, en un contexto de aplicación vinculado al ámbito de la “administración”. Se contribuye al debate entre dos posiciones tradicionales defendidas en la temática del “aprendizaje por descubrimiento”: *se requiere el proceso entero de modelado* vs. *limitarse a la interacción con la simulación*. El aporte, entonces, proviene desde la “dinámica de sistemas”, enfoque principal de “modelar para aprender”.

Este proyecto surge desde la necesidad de plantear un tercer camino entre las posiciones radicales: el “re-descubrimiento guiado”. Su base es el reconocimiento que los modeladores han aprendido por un proceso iterativo en el cual formularon un modelo, pero al simular surgen sorpresas que requieren una revisión y reformulación. En este proceso surgen preguntas y se construyen respuestas – y sólo algunas preguntas serán relevantes para conseguir respuestas clave (“*insights*”). Entonces los modeladores saben cuales son las preguntas importantes, cómo llegaron a ellas, cómo lograron conseguir respuestas y cómo las interpretaron. Pueden por lo tanto especificar un itinerario o una secuencia de pasos de situación->pregunta->respuesta->interpretación; al seguir este itinerario, otras personas podrían re-descubrir las preguntas, las respuestas y las interpretaciones claves, sin recorrer el proceso de modelado entero.

Entonces, personas sin una previa formación especial podrían acceder a un proceso de aprendizaje poderoso. Se plantea como “exploratorio sistémico” un ambiente en el cual los usuarios son guiados a través de un itinerario de pasos de situación->pregunta->respuesta->interpretación y se les ayuda para realizar cada paso y las requeridas manipulaciones del respectivo modelo de simulación. Los “exploratorios” se plantean como un dispositivo que logra mejores aprendizajes que los “juegos de simulación” – posibilidad que este proyecto propone corroborar.

Los aprendizajes se manifiestan en términos del rendimiento y de la calidad de las explicaciones que avalen la estrategia utilizada y las razones de su éxito; las explicaciones se manifiestan como modelos mentales y su comparación con el modelo de referencia permite medir de forma clara si ocurrió un acercamiento entre el “antes” y el “después” de la experiencia. En este sentido, se desarrollará un “exploratorio” y se pondrá a prueba en un experimento de laboratorio con un grupo de control. Se aplicarán las mediciones de modelo mental y las comparaciones para establecer la hipotética diferencia entre los aprendizajes del grupo “exploratorio” y “juego de simulación”.

Los resultados serán de orden metodológico, ya que se diseñará y usará un nuevo método de comparación de modelos mentales, especialmente concebido para captar aspectos del conocimiento propios al pensamiento sistémico.

III. Descripción

3.1 Planteamiento

Introducción

En la sociedad moderna, muchas decisiones se toman al interior de sistemas sociales complejos y dinámicos sistemas sociales como negocios y empresas sin fines de lucro o gubernamentales. En tales sistemas, los procesos de interacción regulan la conducta: la información disponible acerca de una situación problemática enmarca las decisiones, y (una vez implementada) la decisión conduce a cambios en dicha situación. A pesar de que la toma de decisiones puede tener alguna influencia, a menudo estos sistemas se resisten al cambio y muestran efectos secundarios no deseados (Sterman, 2002). La dinámica de sistemas ha sido desarrollada para mejorar el juicio y la decisión de las personas en esas condiciones (Forrester, 2007). Se reconoce que la información que se toma en cuenta y la forma en que se utiliza se enmarcan en el modelo mental de la persona (Doyle y Ford, 1998, 1999); sin embargo, si el único escenario de acción (y de mejora para los modelos mentales) es el mundo real (donde los experimentos no pueden realizarse), entonces una representación computacional de la situación (y del modelo mental) puede permitir dicha experimentación y mejorar en gran medida el modelo mental (Sterman, 2000). Desde 1960, situaciones dinámicas en las empresas, los mercados, el sistema de salud, las economías, los recursos naturales y otros sistemas han sido estudiados y políticas de decisión robustas se han diseñadas. No obstante la singularidad de cada situación, una serie de estructuras genérica (capaces de generar las formas básicas de comportamiento) se han descubierto y se han convertido en parte de los textos docente de la dinámica de sistemas (como Sterman, 2000 o Morecroft, 2007).

En términos conceptuales, la dinámica del sistema plantea que las entidades de esos sistemas pueden representarse como acumulaciones y flujos (frecuentemente con relaciones no lineales y retrasadas entre ellas) a partir de las cuales emergen bucles de retroalimentación (Lane, 2008). Muchos estudios empíricos han demostrado que un tomador de decisión no entrenado y sin ayuda específica, no percibe y por lo tanto no toma en cuenta estos bucles (Sterman, 1989; Moxnes, 1998, 2000, 2004, Jensen y Bremer, 2003; Moxnes y Saysel, 2004; Gary y la Madera, 2005; Kunc y Morecroft, 2008). Como tal, la dinámica de sistemas ha contribuido a la literatura de la toma de decisiones en situaciones dinámicas en torno al tema de "falta de percibir la retroalimentación". Además, otros estudios empíricos han demostrado que el pensamiento con flujos y acumulaciones, así como otras destrezas de pensamiento sistémico, son limitados para la mayoría de las personas (Sterman y Stand-Sweeny, 2002; Stand-Sweeny y Sterman, 2000; 2007; Ossimitz, 2002; Pala y Vennix, 2005; Cronin y González, 2007).

Una situación de aprendizaje en este contexto, tendrá objetivos de aprendizaje altos. En palabras del fundador de la dinámica del sistema: "a través de un modelo de simulación apropiado, uno debería conocer la estructura que causa el problema, saber como el problema es generado, haber descubierto una política de alto impacto para cambiar la conducta del sistema saber porque otras políticas (de bajo impacto) fallarán, debería ser capaz de explicar como políticas establecidas y defendidas dentro del sistema son las verdaderas causas del problema y debería ser capaz de argumentar en favor de mejores políticas."(Forrester, 2007:363).

En la clase de sistemas que se han de entender en estas situaciones, la cuestión no es descubrir leyes universales o naturales (aunque pueden jugar un papel en la parte física del sistema), pero cómo descubrir las regularidades de la presente situación. La dinámica de sistemas propone un proceso de descubrimiento disciplinado que consiste en la concepción, desarrollo y análisis de un modelo de simulación (Forrester, 1985; 2007), con el argumento de que sólo mediante el paso a través de todo el proceso, se puede lograr el pleno efecto para la comprensión de un sistema social dinámicamente complejo. En este aspecto, la dinámica de sistemas puede ser considerado como un método de descubrimiento con su propio lenguaje y herramientas.

Ambientes Interactivos de Aprendizaje (ILEs)

Sin embargo, el modelado y la formación específica toman mucho tiempo, por lo tanto, desde que paquetes de software de modelado fáciles de usar se pusieron a disposición durante la década de los 1980, muchos intentos se han hechos para encapsular modelos de simulación bajo una interfaz de juego, para que los usuarios aprendan desde la interacción con la simulación (en lugar del modelado).

En el transcurso de los años, se han dado diferentes nombres a estos artefactos: algunos tomaron prestado la expresión “micromundo” a la comunidad alrededor de Seymour Papert (padre del LOGO; ver Papert, 1993), otros hablaron de “simuladores de vuelo de gestión” por la manifiesta analogía con los simuladores que se usan en el entrenamiento de pilotos de avión. Finalmente, Maier y Grössler (2002) propusieron el término de ambiente interactivo de aprendizaje o “ILE” (por el inglés *interactive learning environment*). Nosotros usaremos este término.

Con la disponibilidad de este tipo de software y su facilidad para crear tales ILEs se inició la búsqueda de un enfoque que permitiera el desarrollo de ILEs efectivos, que de verdad permitirían “transferir” lo esencial de los descubrimientos del modelador a otras personas. Una ventaja evidente de esto proviene del hecho que desarrollar un modelo válido requiere un alto nivel de preparación y mucho tiempo; en cambio, “consumir” un modelo usando un ILE no requiere formación previa ni mucho tiempo. Se asumió que el uso adecuado de un ILE puede generar un cambio duradero en los modelos mentales de los usuarios (Morecroft, 1994). Ya desde las fases tempranas, se insistió en la importancia de poder ver el modelo mismo e interactuar con el y modificarlo (Davidesen, 1994). Algunos autores elaboraron “casos con soporte computacional” (Graham et al., 1994), otros desarrollaron el enfoque de los “simuladores de vuelo de gestión” (Bakken et al., 1994). Ya al inicio de los años '90, se habían reconocido ciertas dificultades con los ILEs y estrategias de mitigación habían surgido (Isaacs y Senge, 1991). Hubo cierta diversidad en los desarrollos y en los términos, lo que condujo a Maier y Grössler a elaborar una taxonomía (2002). También se sistematizaron los desafíos relativos al diseño de ILEs (Grössler, 2004).

Con la disponibilidad de tales ILEs, surgió el escepticismo de muchos dinamistas que dudaron que los aprendizajes que se producen durante el modelado puedan ser generados sin modelar, interactuando simplemente con un modelo prefabricado (Forrester, 1985). Un argumento fue que no existe tal cosa como un modelo definitivamente terminado; un producto finalizado como un libro (o, para nuestro propósito, un ILE), no es sino “una fotografía momentánea que sólo representa un paso aislado de un proceso continuo de desarrollo de las ideas sobre un sistema social. [...] La naturaleza misma de tal libro tiende a engañar al lector al hacerlo sentir un nivel de compromiso con la estructura exacta mucho mayor que el verdadero. (Forrester, 1985; trad. por el autor). Lo que un libro u otro artefacto pueden transmitir no podrá ir más allá de lo que su autor ha aprendido hasta este momento. En este sentido, Forrester nos advierte que “en vez de poner énfasis en el concepto de un modelo único, me parece que deberíamos destacar el proceso del modelado como un compañero permanente y una herramienta para la mejora del juicio y la decisión humana”. Sterman, después de haber sido elegido para el premio Forrester de dinámica de sistemas, relató su experiencia en un artículo intitulado “*all models are wrong*” (2005): todos los modelos son erróneos.

Pueden existir razones muy válidas para *no* emprender un modelado; la más obvia es que requiere mucho tiempo para aprender a modelar y luego realizar el proceso de modelado, con el resultado de ser capaz de “insertarse en una situación compleja y aspirar a ser la única persona que puede hablar de la temática por 20 minutos sin entrar en contradicciones (Forrester, 2007:363). Para alcanzar esta ambición, uno debe desarrollar un modelo mental muy detallado, preciso, coherente y conciente.

Se puede alegar que a veces, las metas de aprendizaje no son tan ambiciosas, especialmente en términos de la profundidad de la comprensión. Simplemente, el tiempo disponible y el conocimiento (de dinámica de sistemas y del espacio del problema mismo) del propietario del problema pueden ser tales que se prefiera reducir las metas. También puede ser que uno desee despertar el interés de un amplio público no especializado con un libro no técnico, o que uno

desea guiar a estudiantes a considerar la economía como un sistema dinámico sin estudiar dinámica de sistemas. Eventualmente se trata de dotar un equipo de gestión de una comprensión más bien intuitiva del problema y de una estrategia de solución recomendable.

En cada uno de estos casos, aparece un dilema asociado al tiempo necesario para realizar el proceso de modelado entero (en el contexto de los conocimientos previos disponibles) y del tiempo disponible. ¿Qué es lo particular del *modelar* para que otras actividades no conduzcan al mismo tipo de aprendizaje?

Constatamos que, en principio, Forrester deja la posibilidad de alcanzar tal nivel de comprensión con la ayuda de *un solo* modelo de simulación apropiado. Derivamos la conclusión que la actividad de modelar no es una finalidad en si mismo, sino que un instrumento para obtener las mejoras del modelo mental que permiten un juicio o una decisión adecuada. Surge la sospecha de que debe ser posible un tercer camino, entre los dos en oposición.

La idea de que *modelar* es una forma de *aprender*, constituye un puente entre la dinámica de sistemas y dos otros campos: el del *aprendizaje multimedia* y de *aprendizaje por descubrimiento*.

Aprendizaje multimedia

Como ya señalado por Mailer y Grössler en su trabajo sobre los ILEs (2002), la mayoría de los modelos de simulación detrás de un ambiente de simulación, contienen estructuras genéricas y se debe sospechar que la exposición a ellas influye en la formación de estructuras mentales. Y justamente, en el campo del aprendizaje multimedia, se pone mucho énfasis en la memoria de trabajo y la memoria de largo plazo. Hay consenso en que las estructuras contenidas en la memoria de largo plazo permiten procesar una cantidad arbitrariamente elevada de detalles en la memoria de trabajo. A la vez, individuos sin estas estructuras a largo plazo están sujetos a la restricción de los 5 +2 tópicos (Merriënboer and Liesbeth, 2005; Meyer, 2005, Sweller, 2005).

Ello significa que cuando confrontamos personas con un dominio nuevo, pueden usar ayuda externa para compensar la falta de estructura de memoria de largo plazo. Lo mismo se aplica a los casos cuando los estudiantes deben usar lenguajes de representación nuevos. Esto es el fundamento para declarar la necesidad de proveer una guía (más bajo).

En este campo, juegan un papel importante los “juegos, simuladores y micromundos” (Rieber, 2005; trad. por autor). Frecuentemente, se usan simuladores para generar *experiencia* más que *explicación* (como en los simuladores de vuelo). Pero en nuestro caso – buscamos la explicación – se permite a los usuarios manipular variables de input y observar la conducta resultante, todo para descubrir la estructura subyacente: el modelo. En relación con los simuladores, los juegos son diferentes porque definen una meta que los usuarios deben perseguir; queda relegado al segundo plano el descubrimiento de la estructura. Micromundos permiten a sus usuarios de desarrollar sus modelos mentales activamente. Donde los usuarios de simuladores sólo pueden cambiar los valores de variables, el usuario de un micromundo – tal como el modelador – puede y debe declarar variables y los vínculos entre ellas, en búsqueda de crear un modelo válido. Probablemente sea LOGO (Papert, 1993) y sus derivados el caso más conocido de micromundo. Sin embargo, no sólo el LOGO evolucionó desde el ambiente basado en línea de comando hacia un entorno icónico, también otros ambientes basados en iconos están disponible y facultan al uso de lenguajes de diagramación; uno de ellos es la dinámica de sistemas (Penner, 2000).

Constatamos que la separación de simuladores y juegos de los micromundos se hace en base a la misma distinción “uso del modelo” versus “desarrollo del modelo” que ya hemos encontrado arriba. La importancia de esta diferencia es un tópico que ha sido discutido en la literatura sobre el aprendizaje basado en descubrimiento.

El aprendizaje basado en descubrimiento

Dentro de los muchos enfoques de docencia, algunos se basan en un modelo de transferencia del conocimiento, pero otros asumen que el conocimiento debe ser activamente construido por parte

de la persona que desea aprender: esto es lo que frecuentemente se denomina “constructivismo”. Quienes se adscriben a este enfoque de pensamiento, han desarrollado diversos métodos para el aprendizaje “inductivo”: aprendizaje basado en indagación, basado en problemas, basado en proyectos, basado en casos, basado en descubrimiento y justo-a-tiempo son variantes de una orientación donde siempre se requiere del estudiante el desarrollo personal de su propia comprensión de un fenómeno – si bien existen varias diferencias entre estos métodos (Prince y Felder, 2006).

“Aprendizaje basado en descubrimiento significa que el estudiante debe inferir las características del modelo que subyace la simulación” (de Joong and van Joolingen, 1999:2). Se establece una diferencia entre el aprendizaje experiencial (vivencial) facilitado por las simulaciones en base a modelos operacionales (como los simuladores de vuelo para entrenar a pilotos) y la búsqueda de explicaciones en base a modelos conceptuales que contienen principios, conceptos y hechos sobre un dominio.

Inicialmente, el aprendizaje en base a descubrimiento se enfocó en el cambio conceptual. Sin embargo, el campo evolucionó hacia el aprendizaje basado en el descubrimiento científico. Ello deja entender por qué la mayoría de casos publicados provienen del ámbito escolar de las ciencias de la naturaleza. También explica por qué las teorías sobre el aprendizaje por descubrimiento están inspiradas en las teorías sobre el proceso científico. Se proponen dos tipos de procesos; el primero de ellos es *transformativo* y aparece en variaciones:

- planificar, ejecutar, evaluar;
- definir el problema, enunciar las hipótesis, diseñar un experimento, observar, coleccionar e interpretar datos, aplicar resultados y hacer predicciones;
- definir un problema y el propósito del modelado, desarrollar una hipótesis dinámica, cuantificar y validar un modelo de simulación, explotar el modelo (mediante el diseño de experimentos de cambio y la interpretación de sus resultados) para derivar una conclusión, implementar la conclusión y evaluarla.

La última variante es el tradicional proceso del modelado en dinámica de sistemas. Sin embargo, este proceso se refiere a una situación real; el cambio, el proceso de re-descubrimiento deberá referirse a una situación sintética, captada por el modelo de simulación, sin perder los aspectos esenciales del descubrimiento.

El segundo tipo de proceso es *regulativo* y tiene que ver con la forma de gestionar el proceso del descubrimiento. No lo exploramos aquí, ya que nos ocupamos de la transformación.

Los estudiantes deben moverse en dos espacios. El espacio de las hipótesis es definido por el conjunto de todas las reglas que posiblemente describen el fenómeno. El espacio de experimentación consiste en el conjunto de todos los experimentos posibles. La investigación de cómo los estudiantes atraviesan estos espacios ha arrojado varios problemas.

- La generación de hipótesis puede sufrir cuando los estudiantes no saben lo que es una hipótesis, cuando no logran adaptarla a los datos y cuando se dejan guiar por consideraciones que no sirven para encontrar los principios correctos;
- también puede sufrir del sesgo de confirmación (búsqueda de datos confirmatorios, cuando se debe hacer el contrario), experimentos no conclusivos (que no ayudan a refutar una hipótesis falsa), una experimentación ineficiente y el deseo de lograr buenos resultados (en vez de someter la hipótesis a prueba).
- la interpretación de los datos puede sufrir la influencia de deseos y de dificultades de interpretar gráficos.
- Por último, débiles capacidades de regulación resultan usualmente en aprendizajes pobres.

Dentro del campo de los ambientes de aprendizaje basados en dinámica de sistemas, se sigue en general el enfoque de “caja transparente”, en oposición a “caja negra”: se da acceso directo al modelo de simulación subyacente. Sin embargo, hay razones para creer que los usuarios de estos simuladores con caja transparente no sacan provecho de la posibilidad de explorar el

modelo y usar esta información. Son muchos los que se apresuran a actuar, en parte porque sólo están jugando o también porque prefieren la acción sobre la reflexión. Pero aún si se detienen a inspeccionar el modelo de simulación, no podemos asumir que comprenden las implicaciones dinámicas de esta estructura. Las debilidades cognitivas que las personas sin preparación tiene frente a tareas de pensamiento en términos de flujos y acumulaciones han sido ampliamente documentadas (Booth-Sweeny and Sterman, 2007, 2007, Sterman and Booth-Sweeny, 2002, Cronin and Gonzalez, 2007 son las publicaciones más conocidas; cada una de ellas contiene otras referencias adicionales). Un estudiante sin la correcta comprensión e intuición de como una variable de acumulación se relaciona con las variables de flujo, simplemente no puede imaginar correctamente lo que ocurre cuando el modelo se simula – no tendrá un modelo mental adecuado.

Se han propuesto varias maneras de ayudar (de Joong and van Joolingen, 1999):

- acceso previo a conocimiento relevante del dominio;
- ayuda para generar hipótesis;
- soporte para el diseño de experimentos;
- soporte para la regulación (planificación y seguimiento).

El proceso de descubrimiento puede ser estructurado por instrucción o por guía; en el segundo caso, aparece la idea del descubrimiento guiado.

En nuestro ambiente de re-descubrimiento, guiamos a los estudiantes a través de preguntas mediadoras, asegurando que se hagan las preguntas relevantes, los experimentos útiles y las interpretaciones apropiadas. La forma del proceso de re-descubrimiento es a la vez una pauta que regula las actividades. Este método toma en cuenta las especificidades de los modelos de dinámica de sistemas, especialmente la existencia de tres niveles de descripción (variables, bucle de retroalimentación y conjunto de bucles).

Para los defensores del enfoque de “modelado” (Penner, 2000) “los relatos del trabajo de científicos profesionales dibujan una imagen dominada por la generación y la prueba de modelos” (p. 2, trad. por autor). Las herramientas para la reificación (cosificación) de modelos mentales hacen lo mismo, lo que los hace especialmente interesante para este enfoque. En este sentido, un modelo (de simulación) formulado es un “objeto para pensar”. Desarrollar un modelo explicativo (para explicar cómo el fenómeno surge) y sintético (que reproduce el fenómeno) permite al modelador descubrir la concepción del fenómeno y a la vez le permite reflexionar sobre su propio reflexionar y actuar.

Entonces, modelar se entiende como un proceso de cambio conceptual. Hay dos escuelas de pensamiento acerca del cambio conceptual. Unos creen que es un proceso radical de reemplazo de concepciones; otros proponen que se trata más bien de un proceso suave de refinamiento y maduración de concepciones previas, ya que “los estudiantes usan su comprensión actual cuando intentan comprender el mundo” (diSessa, 2001: 5; trad. por autor).

También se piensa que modelar es un proceso de interacción fluida entre cognición y acción, donde el modelador intenta crear un modelo ejecutable y usa la comparación entre las conductas esperadas y observadas para orientar sus esfuerzos. En este sentido, resulta difícil creer que los usuarios de un simulador podrán conectar sus concepciones personales con el modelo subyacente, si solamente pueden cambiar los valores de algunas de las variables predefinidas. Más bien, es el acto de crear y modificar variables y vínculos que permite la articulación de las ideas del modelador y le permite cambiarlas. La simulación muestra las consecuencias lógicas de las ideas expresadas en el modelo (de reflexión a acción), y la comparación de las conductas esperadas y observadas permite detectar y corregir deficiencias en estas ideas (acción a reflexión): o bien hay un error (de sintaxis) en el modelo de simulación o bien en el modelo mental (entonces semántico). Cualquiera que sea el tipo de error, corregirlo conlleva aprendizajes.

Las fuentes del aprendizaje

El juicio y la decisión humanos se basan en modelos mentales. El desafío del aprendizaje es de desarrollar un modelo mental suficientemente detallado, preciso, coherente y conciente. Si tomamos un problema P y un “modelo de simulación apropiado” de esta situación $M(P)$, los que lo desarrollaron comprenden P porque comprenden M – han desarrollado también un modelo mental MM de P al crear M : $MM(M(P))$. Cuando M subyace un simulador del tipo “caja negra” (por ejemplo para propósitos de experimentación), entonces los usuarios no podrán percibir M directamente y varias actividades que son relevante para el aprendizaje se hacen imposible. En cambio, con un ILE de “caja transparente”, los usuarios perciben M , pero aún no han desarrollado $MM(M)$.

Se debe considerar también que un individuo que aún no dispone de las capacidades cognitivas requeridas para interactuar apropiadamente con un modelo como M , no podrá realizar las actividades relevantes para su aprendizaje, salvo si se le guía o ayude. Si queremos que un individuo desarrolle su propio modelo $M(P)$, deberá previamente dedicar el tiempo necesario para la preparación al modelado en dinámica de sistemas y luego el tiempo requerido por el modelado mismo.

La situación problemática o desafiante se representa primero por el “modelo mental 1” (frecuentemente será la “hipótesis dinámica” mencionada arriba). Luego se inicia un proceso iterativo de formulación del modelo de simulación. La interacción con el “modelo de simulación 1” conduce a reformular las ideas y articular una nueva versión del modelo mental. En la figura, el proceso llega a un fin provisorio después de la tercera versión de los modelos mental y de simulación – asumimos que no quedan contradicciones (para no alargar la ilustración). Ahora una acción es derivada desde el modelo mental, y así la situación inicial se transforma en una nueva situación. A su vez, esto puede gatillar una nueva ronda de modelado.

El mero hecho de crear el diagrama de acumuladores y flujos con ecuaciones tentativas – “representaciones externas del conocimiento” – tiene efectos de aprendizaje, principalmente “la clarificación o ampliación de la comprensión conceptual que el modelador tienen del espacio del problema” (Stoyanov, 1997, citado en Lee et al., 2005, p. 118). Sin embargo, en dinámica de sistemas, el modelo es más que un diagrama estático.

Comúnmente, el proceso de modelado se divide en las fases de conceptualización, cuantificación y luego validación del modelo (Sterman, 2000:86). Por cierto, el límite entre formulación y validación es más bien difuso en la práctica: el modelador necesita la simulación para evaluar el estado del modelo. Al simular, surgirán “conductas sorpresa”, lo que abre la posibilidad de haber encontrado un error en el modelo mental. Diferentes modeladores usan diferentes tácticas para encontrar el error, lo que hace surgir elementos de comprensión importantes (llamados “*insight*” en inglés) justo en esta fase (Mass, 1991). Muchas preguntas surgen durante esta fase y el modelador modifica el modelo de simulación para responderlas. Llega a las *insights* por este juego de hacer preguntas y luego responderlas. No todas las preguntas conducen a respuestas relevantes, pero esto sólo se puede saber después de haberlo intentado – una vez llegado al modelo de simulación “adecuado”, el modelador ha encontrado las preguntas y respuestas relevantes.

Entonces el modelador que puede pararse y discutir un problema sin entrar en contradicciones se encuentra en esta posición porque ya ha entrado anteriormente en todas las contradicciones pensables. Esto es la razón porque el proceso toma mucho tiempo y porque la experiencia personal es tan valiosa. Para quienes no conceptualizan y formalizan el modelo, sino que entran en contacto con un producto derivado del modelo que fue producto de este proceso – un libro o un ILE – las actividades son distintos.

Pues la pregunta es si los tipos relevantes de interacción con el modelo pueden ser incorporados en el uso de estos artefactos.

Si podemos proveer un ambiente que cumple estos requisitos, entonces también podemos incorporar estas formas de interacción con el modelo en el mismo proceso de uso de los modelos. Esto es lo que llamamos “redescubrimiento guiado”: deseamos guiar los usuarios en su elaboración de modelos mentales $MM(M(P))$ sin que tengan que desarrollar $M(P)$ primero,

pero que lo redescubran. Usamos este término porque creemos que el descubrimiento debe ser atribuido a los modeladores: ellos descubrieron una manera de representar P satisfactoriamente, mediante un proceso iterativo de inventar un modelo-candidato probarlo contra criterios de validación.

Nuestra meta es que los usuarios puedan desarrollar una política de decisión exitosa en una situación dinámicamente compleja y significativa para ellos. Es importante que los usuarios sepan justificar su política mediante un razonamiento causal (que se puede apoyar en un diagrama de bucle causal) en representación de su modelo mental, o bien su *comprensión*.

Para convertir estos objetivos en requerimientos funcionales, es necesario articular el proceso que conduce hacia la comprensión en la forma de una secuencia de fases.

Dado que los modelos de dinámica de sistemas son un complejo de bucles de retroalimentación, y que además cada bucle es una secuencia de variables de acumulación y de flujo, se impone una arquitectura de tres niveles de descripción. Cada variable representa un atributo estructural de la situación modelada, incluyendo una regla de comportamiento (ecuación o función gráfica) que representa su forma de reaccionar a las variables previas (que la influyen). El nivel siguiente es el bucle de retroalimentación individual, que es un sistema lógicamente cerrado y tiene un comportamiento característico que le es propio. Normalmente, existen varios de estos bucles en la situación y el modelo, y antes de abordarlos en su totalidad, es importante prepararse estudiándolos por separado. El nivel más elevado es el conjunto de bucles, parcialmente en superposición o bien conectados a través de determinadas variables. Este conjunto tiene su propia conducta y lo que ocurre en cada variable es, en última instancia, el efecto compuesto de todos los bucles al mismo tiempo.

Comprender de verdad un modelo significa entonces: comprender cómo se determina el comportamiento de cada variable individualmente, de cada bucle individualmente y del conjunto total. Esta comprensión es el fundamento de la política de decisión que nuestros usuarios deben diseñar.

El modelador llega a “*insights*” porque debe convertir las sorpresas que le provee el modelo (en su forma momentánea) en preguntas, luego crear respuestas y probarlas hasta que pasen la prueba de la simulación. Posteriormente sabe cuales fueron las sorpresas, preguntas y respuestas relevantes, donde ocurrieron y qué significaron. Si puede confrontar al usuario de su modelo de una manera que regenera las sorpresas, preguntas y respuestas en el camino de la exploración, entonces este usuario-explorador puede llegar a la misma comprensión que el modelador – en principio. En consecuencia de lo anterior, es un segundo requerimiento funcional que debe crear un espacio en el cual los usuarios deben observar, reflexionar y proponer por su cuenta: es esta actividad cognitiva que produce el desarrollo del modelo mental.

Hacer preguntas es una manera de involucrar al usuario y motivar la reflexión; un buen ejemplo de esto son las lecciones de matemática y de dinámica de Diane Fisher (2001 y 2008; 2004). Habiendo elegido el mismo camino, hemos desarrollado un libro de trabajo en el cual se propone una secuencia de preguntas clave, junto con dispositivos de corrección. Es importante y es un requerimiento funcional que los usuarios deben haber llegado a la respuesta correcta de cada pregunta antes de proseguir: se les ofrecen mensajes de error con explicaciones o mensajes confirmatorios, junto con la posibilidad de pregunta “¿cómo?” antes de cada intento de responde y “¿porqué?” después de cada mensaje de error.

Es especialmente importante de entender bien y en términos prácticos la relación entre la estructura del modelo y su comportamiento. Una persona sin previa formación en dinámica de sistemas – y la mayoría de nuestros usuarios pertenecen a este grupo – carece de esta comprensión intuitiva, como se ha mostrando en muchos estudios (Booth-Sweeny y Sterman, 2000; Sterman y Booth-Sweeny, 2002; Cronin y Gonzalez, 2007; Booth-Sweeny y Sterman, 2007). Creemos que esta intuición puede ser entrenada mediante la reiterada confrontación con las siguientes preguntas:

- ¿cuál es la ecuación?
- ¿cómo se comportará la variable en tal o tal circunstancia (según la ecuación)?

- (ejecutar la simulación)
- ¿cómo se comportó la variable?
- ¿por qué se comportó de esta forma?

Prestar esta ayuda es el último de los requerimientos funcionales que cualquier ambiente de aprendizaje debería satisfacer.

Guiando el redescubrimiento

Cada libro de trabajo es un caso particular del método siguiente (Schaffernicht, 2008):

1. Estudiar la descripción del caso y su contexto, incluyendo la presentación de las variables clave del modelo durante la simulación.
2. Indagar al nivel de las variables
 - a. descripción de cada variable y cada vínculo causal desde su estructura (fórmula, función gráfica), su conducta y su relación con las variables ligadas;
 - i. identificación de los recursos y sus estados (acumuladores), incluyendo la unidad de medida y la cantidad inicial,
 - ii. identificación de los flujos de cada acumulador, incluyendo su unidad de medida y su ecuación; predicción de las consecuencias para el acumulador,
 - iii. identificación de las variables auxiliares con sus respectivas unidades de medida y ecuaciones,
 - b. elaborar un diagrama causal del modelo de simulación (indicar en cada variable su fórmula o función gráfica);
 - c. identificar los bucles causales;
 - d. identificar las polaridades de los bucles.
3. Identificar una variable clave y dibujar el comportamiento deseado.
4. Simularlo. Separar la conducta en episodios que corresponden a los modos conductuales (lineal, exponencial, asintótico). Describir la conducta en breves palabras.
5. Para cada episodio, preguntar “¿por qué hace esta variable lo que hace?” Describir diferencias entre conducta deseada y observada. Preguntar “¿por qué son diferentes?”
6. Para cada uno de los bucles identificados (usando un modelo de simulación parcial con solamente este bucle):
 - a. Identificar una variable clave.
 - b. Simularlo con diversos valores para las variables limítrofes (que ahora no están conectadas con los demás bucles). Separar la conducta en episodios que corresponden a los modos conductuales (lineal, exponencial, asintótico, oscilación).
 - c. Para cada episodio, preguntar “¿por qué hace esta variable lo que hace?”
 - i. Elaborar un diagrama de bucle causal (donde las variables muestran su conducta) y responder la pregunta.
 - ii. Anotar las respuestas en el primer diagrama de bucle causal.
7. Explicar el comportamiento observado en relación con el comportamiento deseado, usando un diagrama de bucle causal con comentarios.
8. Especificar y justificar un plan de acción para influir en el comportamiento de la variable clave. Corroborar y ajustar el plan en una simulación del modelo.
9. Explicar lo ocurrido mediante un diagrama de bucle causal.

Pregunta de investigación es ¿Los usuarios de un “exploratorio sistémico” toman mejores decisiones y las justifican más adecuadamente que los usuarios de un juego de simulación usual?

El objetivo general es de establecer en un caso experimental si la exposición a un “exploratorio” conduce a mejores decisiones y mejor capacidad de explicación que la exposición a un “juego de simulación”.

La investigación empírica se hará usando un grupo experimental y un grupo de control, para relevar sus modelos mentales antes y después y responder la pregunta en base de la medición de cercanía o distancia de sus respectivos modelos mentales con el modelo subyacente.

Referencias

- Booth-Sweeny, L. and Sterman, J. 2007. Thinking about systems: student and teacher conceptions of natural and social systems, *System Dynamics Review* **23**(2/3): 285-311
- Booth-Sweeny, L. and Sterman, J. 2000. Bathtub dynamics: initial results of a system thinking inventory, *System Dynamics Review* **16**(4): 249-286
- Cronin, M. A. and Gonzalez, C. 2007. Understanding the building blocks of system dynamics, *System Dynamics Review* **23**(1): 1 – 17
- Davidson, P., 1994. The system dynamics approach to computer-based management learning environments, in Morecroft and Sterman, 1994, p. 301-316
- de Jong, T. a. v. J., Wouter R (1998). Scientific discovery learning with a computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research* **68**(2): 179-201.
- Doyle JK, Ford DN. 1998. Mental models concepts for system dynamics research. *System Dynamics Review* **14**(1): 3-29
- Doyle JK, Ford DN. 1999. Mental models concepts revisited: some clarifications and a reply to Lane, *System Dynamics Review* **15**(4): 411-415
- Isaacs, W. and Senge, P., 1994. Overcoming limits to learning in computer-based learning environments, in Morecroft and Sterman, 1994, p. 267-288
- Jonassen, DH., 2000, *Computers as mindtools for schools: engaging critical thinking*, 2nd Edition, Upper Saddle River, NJ: Merrill.
- Forrester, J. 1972. *World Dynamics*. Productivity Press; 2 edition (1971)
- Forrester, J., 1985. The “model versus a modeling process”, *System Dynamics Review* **1**: 133-134
- Forrester, J. 2007. System dynamics – the next 50 years. *System Dynamics Review* **23**(2/3): 359–370
- Gary, M. and Wood, R. 2005. Mental models, decision making and performance in complex tasks, *Proceedings of the 23th International Conference of the System Dynamics Society*, Boston, 2005
- Graham, A. Morecroft, J., Senge, P. and Sterman, J. 1994. Model-supported case studies for management education, in Morecroft and Sterman, 1994, p. 219-242
- Grössler, A. 2004. Don't let history repeat itself - methodological issues concerning the use of simulators in teaching and experimentation. *System Dynamics Review* **20**(3): 263-274
- Jensen, E. and Bremer, B. 2003 Understanding and control of a simple dynamic system. *System Dynamics Review* **19**(2): 119-137
- Johnson-Laird, P.N. (1983) *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press; Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Kunc, M and Morecroft, J. 2007 Competitive Dynamics and Gaming Simulation. Lessons from a Fishing Industry Simulator. *Journal of the Operational Research Society*, 58: 1146-1155
- Kunc, M and Morecroft, J. 2008 Resource-based strategies and Problem Structuring: Using resource maps to manage resource systems. *Journal of the Operational Research Society*, advanced online publication, January 9, 2008; doi:10.1057/palgrave.jors.2602551
- Lane, DC. 1999. Friendly amendment: a commentary on Doyle and Ford's proposed re-denition of 'mental model'. *System Dynamics Review* 15(2): 185-194.
- Lane, D. 2008. The Emergence and Use of Diagramming in System Dynamics: A Critical Account, *Systems Research and Behavioral Science* 25: 3-23
- Langfield-Smith, K. and Wirth, A. 1992. Measuring differences between cognitive maps, *Journal of Operational Research* 43(12): 1135-1150
- Langan-Fox, J., Code, Sh. and Langfield-Smith, K. 2000. Team mental models: techniques, methods and analytic approaches, *Human Factors* 42(2): 242-271
- Langan-Fox, J., Wirth, A., Code, Sh., Langfield-Smith, K. and Wirth, An. 2001. Analyzing shared and team mental models, *International Journal of Industrial Ergonomics* 28: 99-112
- Lee, Y., Baylor, A. and Nelson, D., 2005. Supporting problem-solving performance through the construction of knowledge maps, *Journal of Interactive Learning Research* 15(2): 117-131
- Maier, F and Grössler, A. 2002. What are we talking about?—A taxonomy of computer simulations to support learning, *System Dynamics Review* 16(2): 135-148
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*. R. E. Meyer. Cambridge, Cambridge University Press.
- Markóvski, L and Goldberg, J. 1995. A method for eliciting and comparing causal maps, *Journal of management* 21(2), p. 305-333
- Mass, N., 1991. Diagnosing surprise model behavior: a tool for evolving behavioral and policy insights, *System Dynamics Review* 7(1): 68-86
- Meadows, D., Randers, J and Meadows, D. 2004. *Limits to Growth – the 30 year update*. Chelsea Green
- Merriënboer, J. a. K., Liesbeth (2005). The four-component instructional design model: multimedia principles in environments for complex learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*. R. E. Meyer. Cambridge, Cambridge University Press.
- Montessori, M., 1995. *The absorbent mind*, Henry Holt
- Morecroft, J. 1994. Executive knowledge, models and learning, in Morecroft and Sterman, 1994, p. 3-28.
- Morecroft and Sterman, 1994. *Modeling for learning organizations*, Productivity Press
- Morecroft, J. 2007. *Strategic modelling and business dynamics: A feedback approach*. John Wiley.
- Moxnes, E. and Saysel, A. Misperceptions of Global Climate Change: Information Policies , Working papers in system dynamics 1/04, (<https://bora.uib.no/handle/1956/1981;14/5/2008>)
- Moxnes, E., 1998, Overexploitation of renewable resources: The role of misperceptions, *Journal of Economic Behavior & Organization* Vol. 37 (1998) 107-127
- Moxnes, E., 2000. Not only the tragedy of the commons: misperceptions of feedback and policies for sustainable development, *System Dynamics Review* 16(4):325–348
- Moxnes, E., 2004. Misperceptions of basic dynamics: the case of renewable resource management, *System Dynamics Review* 20(2): 139-162

- Oakhill, J., and Garnham, A. (Eds.) (1996) *Mental Models in Cognitive Science*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Hove, Sussex, UK: Erlbaum (UK) Taylor & Francis.
- Pala, Ö and Vennix, J. 2005. Effect of system dynamics education on systems thinking inventory task performance, *System Dynamics Review* 21(2): 147-172
- Papert, S., 1993. *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, Basic Books; 2 Sub edition (July 14, 1993)
- Penner, D. E. (2000-2001). Cognition, computers and synthetic science: building knowledge and meaning through modeling. *Review of Research in Education* 25: 1-35.
- Prince, M. J. a. D., Richard M. (2006). Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons and research bases. *Journal of Engineering Education* 95(2): 123-138.
- Rieber, L. P. (2006). Multimedia learning in games, simulations and microworlds. *The Cambridge handbook of multimedia learning*. R. E. Mayer. Cambridge, Cambridge University Press.
- Schaffernicht, M. 2006. Detecting and monitoring change in models. *System Dynamics Review* Vol. 22, No. 1, (Spring 2006): 73–88
- Schaffernicht, 2008. “How much can be learned by exploring an existing model? The concept of guided rediscovery”, Proceedings of the 26th International Conference of the System Dynamics Society, Athens, Greece., July 2008
- Schaffernicht, M. y Grösser, S., 2009. What’s in a mental model of a dynamic system? On the conceptual structure and approaches to model comparison. En evaluación para las actas del 27^{mo} Congreso Internacional de la Sociedad de Dinámica de Sistemas, Albuquerque, Julio 2009.
- Schvaneveldt, 1990. *Pathfinder Associative Networks: Studies in Knowledge Organization*, edited by R. Schvaneveldt, Norwood, NJ: Ablex
- Seels, B. and Richey, R. 1994, *Instructional technology: the definition and domains of the field*. Washington, DC: Associations for Educational Communications and Technology
- Sterman, JD. 1989. Modeling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Management Science* 35(35): 321-339
- Sterman, J and Booth-Sweeny, L.. 2002, Cloudy skies: assessing public understanding of global warming, *System Dynamics Review* 18(2): 207-240
- Sterman, J., 2002. All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist, *System Dynamics Review* 18(4): 501-531
- Sterman, J., 2000. *Business Dynamics – systems thinking and modeling for a complex world*, Irwing McGraw Hill
- Stoyanov, S. 1997. Cognitive mapping as learning method in hypermedia design, *Journal of Interactive Learning Research* 8(3/4):309-323
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*. R. E. Meyer. Cambridge, Cambridge University Press: 641.
- van Joolingen, W. (1999). Cognitive tools for discovery learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 10: 385-397.

3.2 Defina los objetivos generales del proyecto (8.000)

El proyecto busca hacer una contribución a la discusión “modelar versus simular”, dentro del área del “aprendizaje por descubrimiento” aplicado al ámbito de la administración (específicamente la toma de decisión en entornos dinámicos). El objetivo general es:

Establecer -en un caso experimental- si la exposición a un “exploratorio” conduce a mejores decisiones y mejor capacidad de explicación que la exposición a un “juego de simulación”.

3.3 Defina los objetivos específicos, enunciados e hipótesis (sólo si corresponde) (8.000)

Objetivos específicos:

1. establecer un método de medición y comparación de modelos mentales de sistemas dinámicos;
2. desarrollar un “exploratorio sistémico” y un “juego de simulación” de un caso de sistema dinámico;
3. realizar un experimento para captar los modelos mentales de dos grupos de usuarios (“exploratorio” y “juego”) antes y después de la exposición.

Hipótesis

- *H1: los usuarios de un “exploratorio” logran mejores resultados en un problema dinámico que los usuarios de un “juego de simulación”;*
- *H2: los usuarios de un “exploratorio” tienen mejores modelos mentales de la situación subyacente que los usuarios de un “juego de simulación”;*
- *H3: los modelos mentales de los usuarios de un “exploratorio” cambian más que los modelos mentales de los usuarios de un “juego de simulación”.*

3.4 Metodología

Para el objetivo 1: en la actualidad, existen dos corrientes de medición y comparación de modelos mentales: uno - basado exclusivamente en los vínculos – determina una razón de cercanía (Schvaneveldt, 1990); el otro – tomando en cuenta variables y vínculos – calcula una razón de distancia (Markóvski and Goldberg, 1995). Ambos enfoques producen resultados divergentes (Schaffernicht y Grösser, 2009), lo que llama a una revisión. Además, del punto de vista de la dinámica de sistemas, el hecho de no tomar en cuenta los bucles de retroalimentación es una laguna seria. Por lo tanto, se perfeccionará un método de medición y comparación propio, basado en trabajos anteriores de Schaffernicht (2006).

Para el objetivo 2: el exploratorio experimental se enmarca en una situación que es objeto de libros de clase, con pocas variables y relativamente simples por combinar sólo dos bucles de retroalimentación. Proviene originalmente del libro de docencia de Morecroft (2007) y ha sido adaptado al español internamente. Se producirá una interfaz de juego para este modelo para obtener el “juego de simulación”. La introducción multimedial se desarrollará en ambiente Flash. El “exploratorio” – que ha se ha probado en forma texto (fichas guía con Word) y guiado (hojas PowerPoint) – se implementará en Authorware, incorporando funciones de orientación y retroalimentación y un seguimiento de las actividades de los usuarios.

Para el objetivo 3: El proyecto requiere de un trabajo experimental, en el cual se generan datos útiles para corroborar las tres hipótesis. Hay dos condiciones, que son

1. realizar una tarea de decisión en el marco de un juego de simulación previa introducción al caso;

2. realizar una tarea de decisión en el marco de un juego de simulación previo uso de un exploratorio sistémico.

La detección de los efectos al nivel de los modelos mentales de los sujetos hace necesario una primera medición previa la exposición a una de las condiciones y una segunda medición. Habrá entonces un grupo experimental y un grupo control y ambos pasar por un pre-test y un post-test.

<i>Grupo experimental</i>	<i>Grupo de control</i>
Introducción general (multimedia, sin interacción personal)	
Medición de modelos mentales	
Re-descubrimiento	Exploración libre del modelo (caja transparente)
Formulación de estrategia (metas, reglas de decisión y justificación en términos de variables y vínculos causales)	
Juego de simulación (de acuerdo a las reglas de decisión)	
Medición de modelos mentales	
Debriefing (entrevista ex-post)	

Las actividades de laboratorio se realizarán con estudiantes de diferentes carreras de la Universidad de Talca (20 individuos por grupo).

La medición de los modelos mentales se hará en las siguientes etapas: primero se solicita a cada sujeto de generar una lista de variables que presume importante. Luego se le invita a crear un diagrama en el cual aparecen las variables y los vínculos causales. Finalmente se le da la posibilidad de señalar bucles de retroalimentación que haya detectado. En el paso siguiente se codifican las variables de los sujetos en términos de las variables del modelo subyacente (dos codificadores independientes). En el tercer paso se genera la representación matricial y se aplica el método de comparación.

Posteriormente, se usan los registros del protocolo de usuario (generados por Authorware durante las sesiones) para buscar eventuales módulos del exploratorio donde a muchos de los sujetos del grupo experimental se les habría dificultado el proceso; en caso de detectar tales módulos, se verificará si existe correlación con diferencias entre sus modelos mentales y el modelo subyacente (que en este caso serán atribuibles a deficiencias de implementación del exploratorio, no al concepto mismo).

3.5 Plan de trabajo

Etapa 1: Desarrollo del instrumento de captura y comparación de modelos mentales

1. confección de una herramienta automatizada para la determinación de la “Razón de Distancia”. Tendrá la forma de un libro Excel en el cual cada hoja tiene la estructura de la “matriz extendida de asociación”. El modelo de referencia y los modelos mentales se registran, luego se determinan las diferencias y estas se suman entre las hojas.
2. configuración de la herramienta KNOT para la determinación de la “Razón de Similitud”. Desarrollado por Schvaneveldt (1991) desde Interlink Inc. (<http://interlinkinc.net/index.html>), el software KNOT recoge las variables y los

vínculos especificados por los sujetos, construye la red (el modelo) implicado y calcula la razón de similitud.

3. confección de una herramienta automatizada para la determinación de los indicadores clave de similitud según Schaffernicht (2006; 2009); se trata de un conjunto de hojas de un libro Excel donde se identifican y cuentan las variables, los vínculos y los bucles de dos modelos comparados y se determinan los diferentes conjuntos que son iguales o diferentes.

Etapa 2: Desarrollo del exploratorio

1. Desarrollo de la introducción multimedial; combina video digitalizado y animaciones Flash para introducir al caso que se toma como contexto temático tanto del juego de simulación como del exploratorio.
2. Desarrollo del juego de simulación; encima del modelo de simulación (ya desarrollado) se mejora la interfaz existente.
3. Desarrollo del prototipo con Authorware (la UTALCA tiene la licencia) en base de un intento previo, incluyendo el registro automático de las acciones de cada usuario en una base de datos.
4. Pruebas de usabilidad y correcciones en el exploratorio.

Etapa 3: Realización de los experimentos

1. reclutamiento y entrenamiento de ayudantes
2. reclutamiento de sujetos para ambos grupos
3. realización de los experimentos

Etapa 4: Análisis de datos

1. codificación de los datos
2. procesamiento por los tres métodos
3. análisis de los diferentes resultados y conclusión en cuánto al método para futuros estudios
4. conclusiones acerca del exploratorio para futuros estudios

Etapa 5: Redacción de artículos

1. Artículo acerca la medición y comparación de modelos mentales
2. Artículo acerca el exploratorio

Etapas	Actividades	2009										2010					
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
1	1	■															
	2		■														
	3			■													
2	1				■												
	2				■												
	3	■															
	4				■												
3	1					■											
	2					■	■										
	3					■	■	■									
4	1									■							
	2									■							
	3										■						
	4											■					
5	1												■	■	■		
	2													■	■	■	

4. Productos esperados

En términos de producción científica, hay dos resultados. El primero es una contribución al tema de la metodología de medición y comparación de modelos mentales; es un área relevante para los campos donde procesos de modelado con soporte computacional se usan con fines de inducir aprendizaje. En este sentido, un primer artículo de orden metodológico puede ser publicado en una de las revistas (ISI) indicadas abajo. El segundo es una contribución al tema del “aprendizaje por descubrimiento”, en base de la experiencia con el “exploratorio”.

Para el primer producto: se someterá un artículo de carácter empírico a la *System Dynamics Review*. Derivado del trabajo sobre modelos mentales, un artículo conceptual - comparativo de los efectos de diferentes métodos de modelado en los modelos mentales - se mandará a la *European Journal of Operations Research* (durante el segundo semestre 2009)

Para el segundo producto, creemos que la experiencia del exploratorio es publicable en dos áreas. Primero, en términos de “management education”, dos revistas publican trabajos como el nuestro (*Academy of Management Learning & Education* y *Journal of Management Education*); se someterá un manuscrito a la primera de ellas, dispuesto a re-someter a la segunda en caso de rechazo. Luego en el área de “aprendizaje por descubrimiento”, tres revistas publican trabajos (*Review of Educational Research*, *Review of Research in Education* y *Journal of Interactive Learning Research*), por lo cual se redactará un artículo más metodológico y se aplicará la misma estrategia de sumisión. Todas estas revistas son ISI.

Además de someter artículos a revistas ISI, los avances de la investigación en torno a la medición y comparación de modelos mentales serán el objeto de una ponencia en el marco de la “*International System Dynamics Conference*” en julio 2009.

Por último, este proyecto alimenta la re-postulación en Fondecyt (concurso regular).