

Simulación de procesos complejos: presente y futuro de la ciencia

Yino Castellanos Camacho

Unimedios, Universidad Nacional de Colombia

Bogotá, Colombia

un_periodico@unal.edu.co

A continuación presentamos a los lectores un fragmento de un artículo escrito por Yino Castellanos Camacho (Unimedios, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia) para UN Periódico (No 99, noviembre de 2006), órgano de información producido por la Agencia de Noticias de esta institución colombiana. Puede accederse al documento completo desde el ícono de la parte inferior.

Desde la descripción del comportamiento de los virus para aprovechar su potencial en el tratamiento del cáncer hasta la identificación de la trayectoria que sigue un conductor en Bogotá, la simulación y el modelamiento de sistemas complejos se constituye en una herramienta fundamental para la investigación.

Desde que los primeros humanos hicieron representaciones de animales y de otros humanos en las cavernas de Lascaux y de Altamira, hace más de veinte mil años, quizás con la esperanza de que los dibujos trazados sobre la gruesa roca les permitieran controlar los próximos movimientos de los animales para poder cazarlos (según la teoría de la magia simpática), el Homo Sapiens intuyó el gran poder que subyacía en simular situaciones hipotéticas que, recreadas en la imaginación, les permitirían anticipar el siguiente paso del animal, para así tomar ventaja.

Sin embargo, los misterios que encierra el arte paleolítico son eso, misterios. Lo que no sucede con las modernas técnicas de simulación, aunque conserven el mismo principio: recrear una situación basada en los criterios que decida el investigador para anticipar escenarios probables, dependiendo de la evolución del

sistema.

De esta manera, en palabras del profesor José Daniel Muñoz, Director del Grupo de Simulación de Sistemas Físicos de la Universidad Nacional, “La simulación está a medio camino entre la teoría y el experimento”. Así caracteriza Muñoz el conjunto de técnicas que permiten simular y modelar sistemas complejos de las “más diversas áreas de la ciencia y de la técnica”.

Este conjunto de técnicas, o métodos de simulación (dinámica molecular, método de Montecarlo, autómatas celulares, para mencionar sólo algunos de los que estudia el grupo de la UN), ofrece al investigador la posibilidad de trabajar sobre universos artificiales en los que sus hipotéticos habitantes se transforman en entidades, cuyo comportamiento e interrelaciones son descritas a partir del procesamiento de los valores de las variables, los parámetros y las reglas de evolución del sistema, entre otros datos que permiten analizar su situación global y su dinámica en el tiempo.

Uno de los criterios fundamentales para llevar a cabo una simulación útil, que permita describir el funcionamiento de un sistema es, claro, definirlo. Así es para el profesor Diógenes Campos, que desarrolló buena parte de su labor investigativa y docente en la Universidad Nacional y actualmente es el Decano de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Para Campos, lo primero es elegir el sistema que se va a estudiar. Esto automáticamente parcela el universo en dos partes: el sistema y lo que Campos llama el medio ambiente. Luego, para construir el sistema dinámico, es necesario caracterizar las entidades fundamentales a las que el investigador les va a prestar atención, lo que técnicamente se denomina las variables de estado. Por ejemplo, en la caída libre de un lápiz, dichas variables serían su posición y la velocidad con que se mueve.

Ahora bien, el sistema interactúa con el medio ambiente. Esta interacción se manifiesta en el modelo en términos de parámetros, como la masa del lápiz, la gravedad o, lo que es lo mismo, las magnitudes constantes que determinan la relación del sistema con el medio ambiente. Pero, además, como anota el profesor Campos: “es necesario saber como cambia el estado inicial del sistema con el tiempo. Por tanto, se plantean las

ecuaciones que le brindan esta información al investigador. En el caso del modelo que desarrollamos para virología utilizamos ecuaciones diferenciales ordinarias”.

Cabe agregar que, ante la dificultad de experimentar directamente en laboratorio con entidades inabarcables –como un grupo social–, muy pequeñas –como moléculas– o que supongan dificultades logísticas –como la reacción de los cuerpos ante la gravedad cero en la tierra–, la simulación es de gran ayuda, pues posibilita representar las condiciones del sistema y saber cómo funcionaría. Así mismo, el modelamiento de sistemas físicos permite detectar fallas y errores en los diseños de los experimentos y analizar los resultados de forma segura.

Técnicas para cada situación

Según el profesor Álvaro Arenas, de la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad Nacional, algunos fenómenos físicos, biológicos y antrosociales son susceptibles de ser simulados y modelados.

Arenas, como Director del grupo Complexus de la Universidad Nacional, ha realizado simulaciones de redes sociales, como la de los investigadores de la UN, basado en el paradigma contemporáneo de la complejidad, que permite “conocer la interacción entre los componentes de un sistema. Es decir, permite comprender que el todo es más que la suma de las partes”.

De igual forma, para él es clave conocer qué tipo de técnica se ajusta mejor a su simulación. Muñoz cree que estas podrían agruparse en técnicas de simulación, técnicas de modelamiento y métodos numéricos.

En técnicas de simulación se encuentran las ecuaciones diferenciales, los autómatas celulares, la dinámica molecular y el método de Montecarlo, muy útiles en campos tan disímiles como la simulación del tránsito vehicular, el monitoreo de procesos de producción, la caracterización del comportamiento de suelos, arenas, cerámicas y concretos, y la simulación de materiales granulares, entre otros. Con más de doce líneas de investigación, el grupo del profesor Muñoz es un referente en este campo.

En las técnicas de modelamiento se encuentran las redes neuronales y los algoritmos genéticos, entre otras.

Estas sirven fundamentalmente para simular redes sociales, propagación de epidemias y otros fenómenos sociales. Los métodos numéricos, por su parte, permiten conocer en el tiempo la evolución de un sistema dinámico mediante la resolución de ecuaciones diferenciales y son utilizados en ingeniería civil y mecánica para calcular deformaciones en los materiales, entre otras aplicaciones.

De esta manera, el poder de la simulación permitirá el avance de múltiples áreas del conocimiento. Esta situación ha motivado la creación del Centro de Investigación de Excelencia en Modelamiento y Simulación de Fenómenos y Procesos Complejos, que recibirá un millón setecientos mil dólares en cinco años, con el fin de fortalecer la investigación en este campo, que es clave para dar respuestas a varias de las problemáticas que tiene el país. Igual que hace más de veinte mil años, la simulación le permitirá al homo sapiens resolver con mayor eficiencia problemas que él mismo ha creado, entre ellos los propios de nuestro país, como determinar fenómenos tan complejos como la dinámica del ingreso de nuevos combatientes a los grupos en conflicto o la evolución de la tasa de criminalidad.

Yino Castellanos Camacho

Unimedios, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia