

Competencias digitales: Una propuesta a partir del uso del modelaje y la simulación educativa

Digital Competencies: A Proposal Based on the Use of Educational Modeling and Simulation

Miguel Ángel Hernández Briseño

Universidad Virtual del Estado de Guanajuato

aghernandez@uveg.edu.mx

Orcid (0009-0004-2049-0411)

Guanajuato – México

*Autor/a de Correspondencia: 4731146774

Recepción: 14/01/2026

Aceptación: 20/05/2026

Publicación: 01/06/2026

Resumen

En este artículo se abordará el problema que implica el requerimiento de competencias digitales docentes para la Nueva Escuela Mexicana (o NEM) en un contexto de bajo desarrollo de este tipo de competencias. Aunque lo anterior puede parecer una contradicción, se propone el uso de Modelado Basado en Agentes (o ABM), como una tecnología para fomentar dichas competencias docentes, específicamente mediante el uso del software Netlogo en sus diferentes variantes. Esta propuesta se fundamenta en el marco del pensamiento complejo que tiene como características el pluralismo epistemológico y el generativismo -la tendencia de los sistemas complejos a la creatividad- señalando que el ABM desarrolla habilidades técnicas pero también el pensamiento crítico, lógico y de resolución de problemas.

El artículo sugiere una ruta para la adopción de esta tecnología educativa para su implementación activa en diversos entornos de aprendizaje. El artículo concluye que el ABM representa una herramienta versátil y de acceso libre que contribuye a la aplicación de los principios de la NEM contribuyendo al desarrollo de competencias digitales entre docentes y alumnos preparando a las diversas comunidades educativa de cara a un presente complejo.

Abstract

This article addresses the challenge of requiring digital teaching competencies for the New Mexican School (or NEM) in a context of low development of these competencies. Although this may seem contradictory, the use of Agent-Based Modeling (or ABM) is proposed as a technology to foster these teaching competencies, specifically through the use of NetLogo software in its various versions. This proposal is grounded in the framework of complex thinking, characterized by epistemological pluralism and generativism—the tendency of complex systems toward creativity—indicating that ABM develops not only technical skills but also critical, logical, and problem-solving thinking.

The article suggests a path for the adoption of this educational technology for its active implementation in diverse learning environments. It concludes that ABM represents a versatile and freely accessible tool that contributes to the application of NEM principles,

fostering the development of digital competencies among teachers and students and preparing diverse educational communities for a complex present.

Introducción: la nueva escuela mexicana y las competencias digitales

El filósofo griego Heráclito dijo que lo único constante es el cambio. Ese es un hecho que continuamente enfrenta la enseñanza y México encara actualmente un proceso de cambio en todos los ámbitos que conviene tener en cuenta.

En el caso de este artículo el punto de partida es la emergencia de un nuevo marco legal, normativo y conceptual que intenta transformar la educación mexicana. Dicho marco normativo es la llamada Nueva Escuela Mexicana (NEM) que entre otros aspectos, implica la adopción de tecnologías educativas en el proceso educativo y un enfoque multidisciplinar cercano al del *pensamiento complejo* según consta en sus documentos, en los que se menciona que la NEM: “Articula el trabajo interdisciplinario en la problematización de la realidad y la elaboración de proyectos en contra de la fragmentación.” (Secretaría de Educación Pública, 2024)

Lo relevante para este artículo es que la NEM implica el desarrollo y posesión de competencias digitales por parte del profesorado tal y como lo establece en sus principios, según los cuales los docentes deberían poseer: “[...] las capacidades para lograr el conocimiento necesario en métodos y avance tecnológico para lograr el aprendizaje permanente [...]” (Gobierno del Estado de México, 2022)

Aquí aparece el problema de este artículo y que es el siguiente: para cumplir con las expectativas de la NEM en cuanto a las habilidades y competencias que el profesorado debe poseer con respecto al uso de tecnología educativa es preciso considerar que en México existe un desarrollo de competencias y habilidades digitales que podría calificarse como intermedio, tanto en los docentes como en la población general (según Rodríguez, Ólvera y Rodríguez, 2020; Rodríguez, Magallanes y Gutiérrez, 2020; DataPol, 2023). Dicho de otro modo se pretende un nivel aceptable de conocimiento en tecnologías educativas en un país con un limitado uso de las mismas en sus procesos educativos.

Debe quedar claro esta crítica no significa un rechazo a la NEM sino que, por el contrario, es un intento por colaborar en su desarrollo; dado que la reforma educativa que se pretende mediante este nuevo marco es una normativa legal ya activa, en tanto ley es necesario acatarla y por ello es importante ofrecer propuestas para su mejora y robustecimiento.

Por la razón anterior es evidente que resulta necesario proponer estrategias para aportar al desarrollo docente de habilidades y competencias digitales mediante la exposición de un marco teórico y metodológico que robustezca dichas competencias.

1. Metodología y objetivos

A continuación, se ofrece una descripción del diseño de la presente investigación que se desarrolló a partir de los postulados expuestos en las líneas siguientes, con la intención de mostrar resultados preliminares de este proyecto de investigación; con ello se intenta dejar en claro su carácter de aproximación a la cuestión.

En primer lugar, la meta global consistió en contribuir al desarrollo de una propuesta para fortalecer habilidades y competencias digitales en la docencia. Para atender esta situación se desarrolló un diseño de investigación con las siguientes características. La investigación tiene un enfoque cualitativo y presentó un diseño exploratorio que Schmelkes define del siguiente modo: “Algunos informes de investigación se centran en la exploración de algún tema de interés. Este objetivo implica conclusiones indeterminadas o bien, tentativas [...] Por lo general, este tipo de investigación es útil en la toma de decisiones” (2012, p.53).

Para llevar a cabo este proyecto se desarrolló un curso a partir de la lectura de la literatura disponible sobre el tema, a partir de esta primera etapa se desarrolló un taller virtual en una segunda etapa para conocer la opinión de la comunidad sobre el uso de simulación y modelaje educativa. Finalmente, el proyecto derivó en este artículo que trata de explicar al lector como es que la teoría de los sistemas se puede vincular con el ámbito de la educación mediante la simulación educativa para el apoyo de competencias digitales.

El objetivo general de este proyecto de investigación consistió en elaborar un artículo que pretende servir como material ante el problema de la escasa literatura sobre sistemas

complejos y su aplicación en el área de investigación educativa y por ello esta indagación se presenta como una colaboración en calidad de aproximación al problema planteado: el desarrollo de competencias digitales entre los docentes mediante una propuesta basada en el modelaje y la simulación. Con la elaboración del presente artículo se cumplieron los objetivos particulares planteados que son:

1.- Describir la teoría de los sistemas complejos como uno de los hitos de la investigación científica contemporánea; debe enfatizarse que se cumplió con el propósito de construir un texto que va de lo teórico a lo práctico, es decir, de lo abstracto a lo concreto expuesto en el segundo apartado (2).

2.-Se describió de una manera no exhaustiva la relación de la teoría de los sistemas complejos con algunas teorías del aprendizaje actuales, y sus posibles influencias en la educación y el aprendizaje en el segundo apartado (2).

3.- Se describió qué son las técnicas de modelaje y simulación y cómo pueden ser utilizadas en la investigación científica (natural y social). Todo esto se planteó en la tercera sección (3) en el que se desarrolló un estudio de las herramientas metodológicas denominadas modelos y simulaciones y su importancia en el desarrollo de algunos procesos educativos.

4.- Se describió en la cuarta sección del texto (4) el uso de la teoría de sistemas complejos y sus técnicas de investigación en modelaje y simulación utilizadas en procesos educativos. Se concluyó dicha sección con la elaboración de una propuesta de aplicación de dichas técnicas en el contexto educativo del estado de Guanajuato, México, mediante articular las secciones previamente esbozadas para producir un ejemplo de planeación académica.

Con dicha planeación se construyó un taller virtual que tuvo sesiones en forma sincrónica (vídeo conferencia) y asincrónica (plataforma Google Classroom©) entre los años 2022 y 2025. De esta manera se logró obtener una *muestra etnográfica* (10 a 50 personas) a partir de la interacción con alumnos de la Maestría en Educación con Enfoque en Línea de la UVEG que en algunos casos compartieron su opinión frente a la propuesta de integrar

investigación en sistemas complejos e investigación y práctica educativa. A continuación, se plantean las conclusiones y los resultados de todo el proceso descrito anteriormente.

2. Marco contextual y Marco teórico

Tomando en cuenta que la NEM requiere que los docentes posean habilidades y competencias en el uso de tecnologías de la información o competencias digitales, no obstante, algunos datos parecen sugerir que la posesión de dichas competencias por parte del profesorado mexicano resulta insuficiente.

En el sentido anterior este artículo propone que el aporte de las ciencias de la complejidad y de su técnica de investigación y aprendizaje conocida como Modelado Basado en Agentes (o ABM siglas en inglés de Agent Based Modeling) con fines de enseñanza puede apoyar la adquisición de competencias digitales entre el profesorado mexicano.

En apariencia aquí se encuentra una contradicción ya que se han citado algunas fuentes que muestran la baja posesión de competencias digitales entre el profesorado mediante una solución altamente técnica, no obstante, como se intentará mostrar el ABM es una tecnología educativa amigable con el usuario poco experimentado en el uso de tecnologías educativas como el modelaje y la simulación.

Pero antes de analizar la definición de modelo y simulación es preciso revisar qué se entiende aquí con el término “competencias y habilidades digitales” y cuál es el “aporte” de la investigación en sistemas complejos a la educación. A continuación, se exploran los conceptos y datos que dan soporte a este estudio.

2.1 Las competencias y habilidades digitales

Caracterizar la definición de competencias y habilidades digitales es una cuestión complicada debido a la diversidad de iniciativas existentes y que intentan dicha definición (Rodríguez, Ólvera y Rodríguez, 2020; Rodríguez, Magallanes & Gutiérrez, 2020; DataPol, 2023). Es por ello que es preciso precisar qué se entiende bajo el término de competencia o habilidad digital. A continuación, se presentan dos definiciones con fines expositivos.

Siguiendo la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se habla de *habilidades computacionales*. Es evidente que habla de habilidades y no competencias, pero en este caso es un referente útil ya que *habilidad digital* se describe como la capacidad de poder interactuar con una computadora en un amplio rango de tareas que puede ir desde el uso de una *suite* ofimática hasta la habilidad de programar código en un lenguaje específico.

Por otra parte Rodríguez, Magallanes & Gutiérrez sostienen que las habilidades y competencias digitales docentes pueden ser reunidas en cinco áreas que son “...Información y alfabetización digital, comunicación y colaboración, creación de contenido digital, seguridad y resolución de problemas”. (2020, p. 35)

En el primer caso la ENDUTIH se concentra en habilidades computacionales además según la misma encuesta, el número de usuarios de computadoras ha disminuido constantemente en los últimos años en contraste con el aumento en el uso de smartphones; mientras tanto en la segunda caracterización se encuentran una serie de elementos más amplios como ya se ha descrito lo que incluye el uso de smartphones.

Al considerar ambas posturas es posible definir competencias digitales como: *aquellas habilidades y conocimientos para manipular un equipo de tecnología de la información (smartphone o computadora con conexión a internet) y lograr llevar a cabo diferentes tareas de procesamiento y comunicación de la información de manera eficiente y segura con fines de impulsar el aprendizaje.*

2.2 La relación entre lo complejo y la educación

Ahora es preciso plantear la relación entre la investigación en sistemas complejos o ciencias de la complejidad y de la investigación y práctica educativa. Esto porque para poder plantear el ABM como una propuesta para la adopción de competencias digitales es necesario conocer el marco en que dicha técnica surge y se desarrolla.

La investigación en sistemas complejos tiene sus orígenes en el artículo “¿Qué es la complejidad?” de Warren Weaver (1948) y es un campo de investigación orientado al análisis de sistemas multi-agente auto-organizados. Este campo de investigación se relaciona con la práctica educativa en que ambos tipos de investigación consideran el aprendizaje como un tema de la máxima relevancia.

Por ejemplo, uno de los investigadores recientes más interesantes es Dale H. Schunk conocido por sus contribuciones en el campo de las teorías del aprendizaje. En su libro *Teorías del aprendizaje: una perspectiva educativa* (2012) Schunk expone su concepción de este proceso que resulta muy interesante debido a que menciona que existen diferentes teorías (y en consecuencia diferentes conceptos) de aprendizaje.

No obstante, a partir de una indagación de la diversidad, Schunk sintetiza aprendizaje del siguiente modo: “El aprendizaje es un cambio perdurable en la conducta o en la capacidad de comportarse de cierta manera, el cual es resultado de la práctica o de otras formas de experiencia”. (2012, p. 3).

Al contrastar esta definición de aprendizaje con la definición de sistema complejo de Murray Gell-Mann, es evidente que los sistemas complejos responden de manera inteligente, ante los retos del entorno y esto se logra a través del aprendizaje mismo:

Lo que tienen en común todos estos procesos es la existencia de *un sistema complejo adaptativo que adquiere información acerca tanto de su entorno como de la interacción entre el propio sistema y dicho entorno, identificando regularidades, condensándolas en una especie de «esquema» o modelo y actuando en el mundo real sobre la base de dicho esquema.* (Gell-Mann, 2002, pp. 34-35, [énfasis añadido]).

Un ejemplo en el que los procesos de enseñanza-aprendizaje pueden compararse con sistemas complejos puede encontrarse en las sociedades de insectos, que son ejemplos muy interesantes debido a que la evidencia muestra pautas de aprendizaje en el comportamiento colectivo e individual entre los miembros de las colonias o enjambres.

Las hormigas son ejemplares en absorber información del medio ambiente circundante y posteriormente desarrollar estrategias: crean puentes o cadenas de individuos fuertemente entrelazados y balsas de individuos igualmente agrupados para navegar por corrientes de agua; las hormigas son capaces de lidiar también con el fuego o con depredadores. Parafraseando a Schunk (2012) las hormigas generan cambios en su conducta a largo plazo lo que es evidencia de aprendizaje, las estrategias mencionadas son la evidencia de ello.

Los *ambientes o entornos virtuales de aprendizaje* (AVA/EVA) son otro ejemplo de un sistema complejo, en primer lugar, los cursos masivos abiertos en línea (o MOOCs por sus siglas en inglés) son masivos, están abiertos a una gran cantidad de participantes y sus procesos y procedimientos son registrados en bases de datos y con ello se pueden registrar sus tendencias en el tiempo. Como cualquier programa de estudio existe una evolución en el tiempo de los contenidos y actividades lo que es producto del intercambio de información con el ambiente, es decir la sociedad representada por los estudiantes y sus aportaciones, sugerencias o críticas.

Como se ha mencionado la investigación en *complejidad* ofrece competencias que pueden aprovecharse en contextos educativos. Por ejemplo, Ginovart et al., señala que diversas competencias pueden encontrarse en el análisis de sistemas complejos y sus técnicas de modelaje; una de ellas es la competencia de “*modelización*” que presenta las siguientes características:

La competencia para la modelización incluye ser capaz de: a) estructurar el campo o situación que va a modelizarse; b) traducir la realidad a una estructura matemática; c) interpretar los modelos matemáticos en términos reales; d) reflexionar, analizar y criticar un modelo y sus resultados; e) comunicar las características y los resultados de un modelo, incluyendo sus limitaciones; y f) dirigir y controlar el proceso de Modelos basados en el individuo y la plataforma NetLogo de modelización. (Ginovart et al., 2011, p. 148)

Al hablar sobre *modelización* se advierte que poseer esta competencia significa que se pueden obtener habilidades de experimentación y competencias digitales y para la virtualidad de manera que el modelaje resulta ser un laboratorio virtual que puede ser aprovechado para la docencia como lo afirma Almarza Díaz:

El poder trabajar la competencia en modelización con contextos de aplicación atractivos, como puede ser el de la biología, es extremadamente favorable para su correcta adquisición. Al mismo tiempo, este tipo de modelo computacional facilita la experimentación y manipulación “virtual” sobre los sistemas modelizados, generando escenarios para debatir y argumentar, estimulando una perspectiva de modelización muy intuitiva. (2015, p. 149)

Desde un primer acercamiento se puede considerar que a partir de la competencia de modelización se desarrollan habilidades digitales y de experimentación, además se propician escenarios para debatir y argumentar con lo que también se fomenta y ejercita el pensamiento lógico para organizar la información, desarrollar y analizar argumentos y con ello se fomenta el pensamiento crítico para discernir la información desde un enfoque metódico y científico.

3. Modelaje y simulación: algunas definiciones

Para fortalecer la propuesta de desarrollo de competencias digitales para la docencia fundamentadas en la investigación de sistemas complejos a través de técnicas de simulación y modelaje, es hora de pasar a la definición de modelos y simulaciones.

3.1 ¿Qué son modelos y simulaciones?

Para responder a la pregunta: ¿qué son los modelos o las simulaciones?, algunos autores consultados al respecto sostienen que simulaciones y modelos son “herramientas” (Aracil, 1995, Broncano, 2000, Érdi, 2008). Las preguntas que se derivan automáticamente de la respuesta anterior son éstas: ¿qué clase de herramientas son los modelos y las simulaciones?, o en otros términos, ¿una representación intangible (un algoritmo, un modelo computacional) puede ser considerada como una herramienta?

Para responder las preguntas anteriores hay que considerar una doble condición: por una parte, se reconoce aquí un problema de naturaleza epistemológica debido ya que la definición de herramienta no se da en el plano de las herramientas mismas sino en el de los conceptos, es decir, en el de la filosofía. Es el ámbito de la filosofía dado que esa es su jurisdicción: el concepto. Es por ello que la primera definición que será presentada proviene del ámbito de la filosofía de la tecnología.

Por otra parte, será necesario atender una definición proveniente desde un punto de vista técnico y metodológico para poder explorar su aplicación y esta definición será tomada desde las llamadas ciencias de la complejidad.

Atendiendo al principio de pluralismo y para precisar qué son los modelos y las simulaciones será necesario explorar dentro de dos perspectivas y definiciones de modelo y simulación, tanto las filosóficas como las científicas, esto en concordancia con los principios del pluralismo y del análisis generativo ya expuestos anteriormente.

3.2 Modelos y simulaciones: la perspectiva filosófica

Para definir modelo y simulación desde la perspectiva de la historia y filosofía de la tecnología habrá que recurrir a un breve vistazo histórico para poder apreciar cómo ha evolucionado la idea de modelaje y simulación a lo largo de la historia para ejemplificar que, aunque es una práctica humana antigua, en realidad las técnicas modernas de modelaje son diferentes, no sólo por el uso de tecnologías informáticas sino también por hacerlo mediante el método científico.

Para ejemplificar las palabras del párrafo anterior es clave el artículo de Javier Aracil (1995) titulado *Notas sobre el significado de los modelos informáticos de simulación*. En este texto el autor intenta ofrecer elementos para el estudio del uso de modelos; el primer aporte que ofrece es una clasificación en la que identifica distintos tipos de modelos y simulaciones que él llama *representaciones*.

En el cuadro siguiente (cuadro 3.1) se encuentra la clasificación de Aracil que muestra diferentes tipos de representaciones utilizadas como herramientas a lo largo de la historia. Esquematizando dicha clasificación se puede trazar la trayectoria evolutiva de las representaciones del siguiente modo:

	Tipo de representación	Definición
Representaciones o modelos utilizados como herramientas.	Lenguaje ordinario	La representación más simple y habitual de un objeto es su descripción mediante el lenguaje ordinario
	Planos y maquetas	En las técnicas tradicionales se han empleado con abundancia los planos y maquetas (modelos a escala) como formas de representación de los objetos técnicos que se proyectan.
	Simulaciones y modelos por computadora	La computadora permite simular cualquier objeto del que se disponga de una descripción formalizada. Suministra modelos básicos, tanto conceptuales como operativos, que permiten programarlo de modo que reproduzca las formulaciones habituales.

Cuadro 3.1 Javier Aracil, Notas sobre el significado de los modelos informáticos de simulación (1995).

El último grupo de representaciones que señala Aracil es el de las simulaciones computacionales que son precisamente las de interés específico en este artículo. En su momento la invención de la escritura o la imprenta revolucionaron nuestra manera de comprender la naturaleza y la sociedad y ahora es el turno de las tecnologías de la información y la comunicación. A partir de las tecnologías mencionadas el autor define las representaciones o modelos computacionales del siguiente modo:

Es frecuente referirse a las representaciones de sistemas u objetos mediante la denominación genérica de modelos. La programación sobre un computador de la representación formalizada del comportamiento de un sistema conduce a los modelos de simulación mediante computador del comportamiento, a los que suele aludirse con la expresión más corta de modelos de simulación del comportamiento (behavioral simulation models). Con ellos se puede hacer una exploración experimental de los modos de comportamiento que puede generar

la descripción del sistema concreto sobre el que se ha construido el modelo.
(Aracil, 1995, p. 56)

Finalmente, Javier Aracil señala que cada una de estas formas históricas de modelaje (lenguaje, modelos físicos, modelos abstractos) presentan relieves particulares que hacen que su función sea multimodal o versátil, sin embargo, cada una de ellas presenta limitaciones precisas.

Continuando con el tema y para complementar esta definición de los modelos y las simulaciones se analizará otra definición de modelo aportada por Fernando Broncano en su libro *Mundos Artificiales* (2000) quien prefiere hablar más bien de las “ciencias de lo artificial” cuyo rasgo definitorio no sólo es la capacidad de transformación de la realidad, sino que también aporta la capacidad de comprender la misma mediante la exposición generativa de los procesos estudiados. De esta forma Broncano señala en su libro que:

[...] el principio metodológico que rige en las ciencias de lo artificial es el principio de simulación [dichas ciencias] se basan en la hipótesis metodológica de que ciertas regularidades funcionales pueden ser descritas y capturadas en un nivel abstracto, aunque no se conozca cuáles son los mecanismos causales que subyacen. (Broncano, 2000, p. 93. [énfasis añadido])

La particularidad del modelaje, la simulación y las “ciencias de lo artificial” según Broncano, se explica inspirado en el trabajo del matemático británico David Marr que una base para las ciencias de lo artificial es la siguiente: “una [...] teoría de la distinción de niveles de representación que se ha convertido ya en una clásica definición de las ciencias de lo artificial” (Broncano, 2000, p. 94). En esa teoría de niveles de representación Broncano sostiene que representación y algoritmo son entonces la definición más sintética de un modelo computacional como se puede inferir de las palabras de este autor.

3.3 Modelado basado en agentes (ABM): la definición de las ciencias de la complejidad

La siguiente perspectiva que se tomará en cuenta es más técnica dado que proviene de la investigación en sistemas complejos representada por las llamadas ciencias de la complejidad.

Esta perspectiva corrobora en varios aspectos las definiciones del apartado anterior y presenta la hipótesis de que el modelaje es una herramienta mutable por esencia. Como se intuye el modelaje presenta una consistencia plástica, es decir, es una herramienta versátil que es útil para diversas áreas del conocimiento. Ésta “plasticidad” es una constante en la epistemología de la investigación sobre sistemas complejos. Esto se explica por el hecho de que existen varias definiciones de modelos, lo que es una herramienta más que la comunidad que hace uso de modelos y simulaciones utiliza y convierte esta diversidad en una variable más a considerar al desarrollar modelos.

Ahora bien, la definición de modelaje proveniente de las ciencias de la complejidad la aporta Peter Érdi (2008) en un texto que es una excelente introducción para empaparse de algunos conceptos básicos del pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad. Este autor propone una definición base de modelado y todas las ramificaciones que se desprenden desde los autómatas celulares hasta la inteligencia artificial.

Este tipo de modelos según la definición en cuestión va más allá de los sistemas de ecuaciones de sistemas dinámicos (teoría del grafo) dado que la diferencia entre un sistema de esta clase y uno que no lo es radica en que unos usan ecuaciones lineales y otros no. En palabras de Érdi el Modelaje Basado en Agentes, se define del siguiente modo:

El modelaje basado en agentes (ABM) ha devenido en una herramienta extraordinaria para simular sistemas complejos [...] Un agente es considerado como una unidad computacional autónoma, con la habilidad de tomar decisiones, actuar en diferentes formas, para seleccionar entre diversas estrategias [...] Los agentes muestran ciertos elementos de inteligencia, o por lo menos algunos elementos de autonomía, adaptación a los cambios ambientales, comunicación con otros agentes, y ocasionalmente de aprendizaje orientado hacia alguna meta. (Érdi, 2008, p. 305., [énfasis añadido]).

El modelaje basado en agentes es una práctica que tiene su origen en la década de los años 70 del siglo XX. Los ABM son herramientas que tienen múltiples influencias teóricas, y según Érdi sobresalen dos: la teoría de autómatas celulares y la teoría de juegos.

El abanico de propuestas que se ha desarrollado a partir de los autómatas celulares y los primeros ABM es amplísimo según Érdi. En consonancia es claro que existe una amplia lista de modelos basados en agentes que superan el número de aplicaciones que el sistema de ecuaciones para sistemas dinámicos ha podido desarrollar. También se puede afirmar que la definición en cuestión se parece a la definición suministrada por Broncano que caracteriza modelo como representación y algoritmo.

Más adelante se presentará una propuesta práctica y concreta de aplicación del Modelado Basado en Agentes (ABM) para la educación mediante el uso del simulador llamado Netlogo que es una representación concreta de la definición de ABM suministrada por Peter Érdi.

Para finalizar con esta sección dedicada a explicitar en términos básicos qué son los modelos y las simulaciones, es preciso plantear algunas conclusiones epistemológicas y metodológicas derivadas por los modelos y su uso en la actualidad.

4. Modelado Basado en Agentes (ABM) como tecnología educativa

En este apartado se ofrece una propuesta para considerar el uso de Modelado Basado en Agentes (ABM) en la construcción de unidades de aprendizaje que utilicen esta tecnología como herramienta educativa. Está orientado para docentes y académicos de nivel medio superior y licenciatura de diversas áreas lo contribuye a propagar la idea entre la comunidad docente sobre el uso de modelos y simulaciones como medio para la obtención de competencias digitales.

El interés de esta sección (4) consiste en promover el desarrollo de unidades de aprendizaje basadas en la teoría y metodología del análisis de sistemas complejos inicialmente responde a que ayuda al académico y al docente a comprender la teoría del pensamiento complejo

como un apoyo teórico para la enseñanza, pero también gracias a las ciencias de la complejidad es posible generar habilidades prácticas para la enseñanza dinámica de las ciencias naturales y de las ciencias sociales desde un enfoque complejo, así como el manejo de herramientas que pueden ser utilizadas para la resolución de problemas de diversa índole, y por su puesto, como tecnología educativa.

Un segundo motivo para el desarrollo esta propuesta consiste en que el ABM como tecnología educativa coincide con las necesidades planteadas a nivel global para orientar las exigencias de una la educación a nivel internacional, nacional y local, que constantemente requieren capacitación de índole teórica, académica y metodológica para fortalecer sus programas de estudios y modelos de aprendizaje en todas las áreas en metodologías como STEMS (Science, Technology, Engineering and Maths).

4.1 ¿Qué es Netlogo?

Para cumplir con la meta anterior se presenta ahora un simulador con fines educativos llamado Netlogo (Wilensky, 1999), que es una herramienta que puede ser de gran utilidad para aplicar los principios o funcionamiento de algún sistema o proceso complejo. Netlogo es un software que reúne varios elementos y cumple diversas funciones de investigación y educación; no sólo es un software sino que también es un lenguaje de programación que realiza simulaciones y modelos y que intenta el estudio de sistemas y fenómenos complejos desde una perspectiva cuantitativa lo que hace que este programa sea una herramienta idónea para comprender, analizar, enseñar y aprender sobre sistemas complejos existentes en la naturaleza y la sociedad humana.

Este lenguaje está basado en otro anterior llamado Logo, aunque también maneja similitudes con *Java* en cuanto a su estructura. Netlogo como lenguaje tiene como función crear un ambiente de modelaje multi-agente en el que cada agente tiene una estrategia propia dependiendo del modelo que se use.

Netlogo (Wilensky, 1999) como software es un tipo de simulador que es un auxiliar en ayudar a comprender las dinámicas de conjuntos de individuos (no de individuos en solitario) como

una sociedad, una red, un ecosistema u otro tipo de sistemas que presentan las características de los sistemas complejos (como jerarquías, procesamiento de información, emergencia de comportamiento auto-organizado, aprendizaje orientado a fines y otras dinámicas más). Es una herramienta que ayuda generar laboratorios virtuales para tener una representación gráfica de fenómenos naturales o sociales que no se podría explicar mediante analogías del sentido común.

Hay que recordar que durante la época de confinamiento durante la pandemia de COVID-19 uno de los señalamientos de los estudiantes de ciencias fue la falta de prácticas en laboratorio y aunque Netlogo no puede reemplazar un laboratorio tradicional, si puede ayudar a representar de manera gráfica ciertos fenómenos que pueden ser modelados (fenómenos químicos, físicos y biológicos), es decir, se convierte en un laboratorio virtual.

Aunado a lo anterior, para la enseñanza y aprendizaje de Netlogo existen actualmente muchas y variadas plataformas educativas, una de ellas es el *Complexity Explorer*, un proyecto desarrollado por el Instituto Santa Fe de Nuevo México, E.E.U.U., pionero y líder global en el estudio de sistemas complejos y que cuentan con el apoyo de una amplia red de investigadores de la Unión Americana y del resto del mundo, lo que logra que el aprendizaje desarrollado por el participante que decide aprender algo más sobre sistemas complejos puede lograr interacciones con investigadores profesionales provenientes de varias partes del mundo fortaleciendo el *pluralismo* epistemológico.

4.2 Explorando Netlogo

Para comenzar a describir este programa hay que reiterar que es un simulador de sistemas complejos basado en el lenguaje de programación Java. Es un programa de código abierto y basa su avance precisamente en la comunidad de usuarios que la utiliza, modifica y transforma. Las comunidades de investigadores que publican gratuitamente sus modelos hacen que la innovación sea más robusta (en el sitio web *modelcommons*, por ejemplo). Finalmente es un programa básico y amigable para el usuario principiante e intermedio lo que, como se ha mencionado, lo convierte en una herramienta ideal para el aprendizaje en la virtualidad.

Las secciones principales de Netlogo son cuatro. En primer lugar, tenemos el Menú principal en el cual encontraremos las herramientas más básicas para el manejo del programa: archivo, editar, herramientas, tamaño, pestañas, ayuda. Posteriormente aparecen tres pestañas en las que se centra la acción al utilizar Netlogo. A continuación, se presentan y describen las pestañas mencionadas.

- 1) Pestaña Ejecutar: en esta pestaña se puede construir la interfaz y ejecutar la simulación o modelo con el que se esté trabajando. En la imagen que se muestra la interfaz de ejecución que aparece en blanco que es la forma en la que usualmente aparece sin embargo, se pueden desplegar en ella botones, sliders, gráficos y otras herramientas para interactuar con el modelo o simulación.

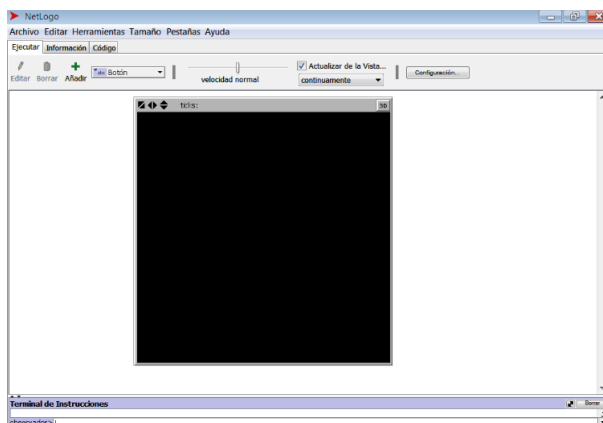


Figura 1
Pestaña Pestaña de interfaz

Nota. Adaptado de NetLogo (Versión 6.3.0), por U. Wilensky, 1999, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling. (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>)

- 2) Pestaña Información: En esta pestaña se describe el modelo con el que se está trabajando, explica qué es, cómo funciona, cómo usarse, si es la extensión de otro modelo o bien ofrece la referencia para poder citar el modelo en la indagación o documento que se desarrolle como parte del trabajo académico y de investigación.

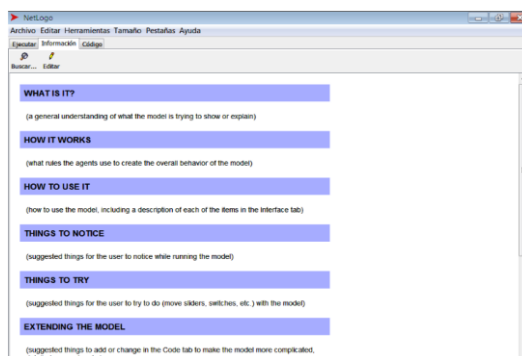


Figura 2

Pestaña sw Información

Nota. Adaptado de NetLogo (Versión 6.3.0), por U. Wilensky, 1999, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling. (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>)

- 3) Pestaña Código: En esta pestaña se puede apreciar el código de cualquier modelo elegido para su estudio, o bien, es posible codificar algún modelo de autoría propia.

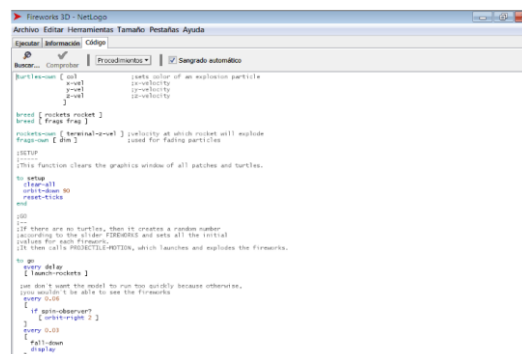


Figura 3

Pestaña de Código

Nota. Adaptado de NetLogo (Versión 6.3.0), por U. Wilensky, 1999, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling. (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>)

Una sección que también es de la máxima relevancia es la Biblioteca de Modelos en la que se puede encontrar una lista de modelos de todas las áreas de conocimiento, desarrollados por una gran comunidad de entusiastas del modelaje basado en agentes. La Biblioteca de Modelos es un gran reservorio de modelos que pueden ser utilizados para la investigación al iterar el modelo base para crear ampliaciones o para la docencia utilizando modelos que ya han sido previamente elaborados por otras personas.

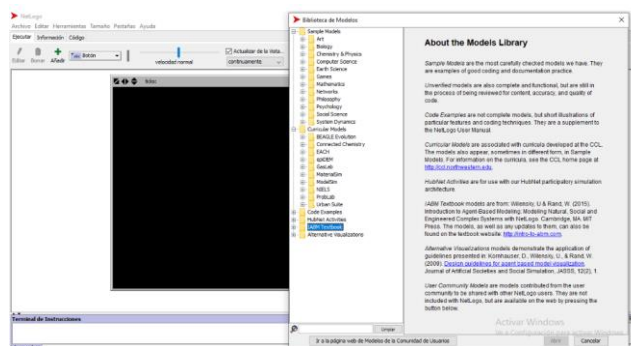


Figura 4

Pestaña Biblioteca de modelos

Nota. Adaptado de NetLogo (Versión 6.3.0), por U. Wilensky, 1999, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling. (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>)

La utilidad y funcionamiento que puede obtenerse de Netlogo está en función de sus objetivos. Para investigadores avanzados en área de cálculo de variables complejas, programación o áreas afines, puede resultar un programa poco interesante, pero para el usuario principiante o promedio puede ser una buena herramienta de enseñanza y aprendizaje como se ha mencionado anteriormente y como se verá a continuación.

4.3 Utilizando Netlogo para la docencia

Hasta aquí se ha definido y explorado el programa Netlogo (Wilensky, 1999) desde el punto de vista del usuario que conoce y se familiariza con un software desconocido. Ahora será cuestión de que una vez teniendo el primer contacto el usuario (que puede ser un docente) podrá estar en condición de manipularlo. Como en todo ámbito de la existencia humana “la práctica hace al maestro” por lo que se recomienda utilizar la Biblioteca de Modelos y explorar los modelos, sus funciones, sus propósitos reconocidos y su estructura lógica y algorítmica.

De esta manera podría existir el caso en el que docentes del área de ciencias (física, química, biología) desarrollen una unidad de aprendizaje tomando en cuenta los principios y contenidos de programas de la NEM y la SEP. Es necesario, por supuesto, definir, diseñar y evaluar todo un abanico de procesos e instrumentos educativos (pedagógicos y andragógicos) para considerar el uso de ABM en la educación pública mexicana, sin embargo, a

continuación se pueden encontrar algunos procesos educativos que se pueden fomentar en diferentes niveles educativos.

- Modelos para la enseñanza en el nivel bachillerato: en este rubro tenemos que el uso del simulador estaría orientado a fomentar el acercamiento a los estudiantes de este nivel educativo al uso de las tecnologías de la información y la comunicación. El acercamiento que se pretende lograr mediante la técnica de *gamificación* en el aprendizaje que pretende familiarizar a los alumnos a convertirse en usuarios de estas tecnologías y por ende convertir el uso de estas herramientas en una parte de su formación en un nivel primario y de identificación de este tipo de herramientas.

Algunos modelos que pueden utilizados en la biblioteca de modelos de Netlogo para la enseñanza de aspectos específicos del programa de bachillerato:

a) *Hormigas(ANTS)*: Este modelo es muy simple, explica tanto los principios de la programación de Netlogo, como principios de análisis de sistemas complejos en biología y ecología.

b) *Parvadas (flocking)*: Este modelo es de mayor complejidad en tanto sus instrucciones de código, sin embargo, también puede ser utilizado para explicar principios de sistemas complejos.

c) *Robby el Robot*: Este modelo es de mayor complejidad en tanto sus instrucciones de código, explica tanto los principios de la programación de Netlogo, como principios de análisis de sistemas complejos en biología y ecología.

d) *Pac Man*: útil para introducir a los usuarios jóvenes al programa. Existen más modelos por ejemplo para asignaturas de matemáticas, física y química que pueden ser explorados por los docentes de nivel bachillerato o medio superior.

e) *El juego de la vida (Simple Life)*: Este modelo es muy simple, explica tanto los principios de la programación de Netlogo, como principios de análisis de sistemas complejos en biología y ecología.

- Modelos para la enseñanza en el nivel superior: por otra parte para nivel de licenciatura o posgrados tenemos que el programa puede ser utilizado de manera más profunda y puede ser utilizadas tanto para la enseñanza de unidades específicas sino para la investigación.

En el caso que nos atañe que es la educación y la educación virtual a nivel licenciatura el uso de Netlogo como una herramienta introductoria al uso de modelos como instrumento de investigación producto del ámbito de las tecnologías es muy útil. Se pueden utilizar los modelos ya expuestos en la sección de bachillerato, sin embargo, la biblioteca de modelos provee muchos más modelos para todas las áreas de conocimiento.

Un modelo que podría ser utilizado para explorarse en nivel licenciatura es el denominado como *parvadas (flocking)*. Este modelo es de mayor complejidad en tanto sus instrucciones de código, explica tanto los principios de la programación de Netlogo, pero también principios de análisis de sistemas complejos en biología y ecología, en sistemas sociales como la economía o la sociología e incluso en sistemas físicos

Un ejemplo es un profesor que ofrece la materia de biología. Lo que el profesor pretende como aprendizaje esperado es la enseñanza del patrones simples de comportamiento animal. Antes de presentarlo a sus alumnos el docente puede explorar otros modelos simples como *Game of Life (El juego de la vida)* por ejemplo.

Para tal efecto el profesor pide a sus alumnos que visiten la tienda de *Playstore* de Google y descarguen la *app Universo tortuga* en su dispositivo móvil personal. Esta *app* es ligera, de código abierto pero gestionada por investigadores públicos de diversos centros educativos a nivel mundial que ofrecen tutoriales en español. *Universo tortuga* es una herramienta accesible porque ofrece una interfaz intuitiva y amigable con el usuario y mediante el uso de modelos precargados evita que el usuario principiante escriba código.

Una vez instalada la app el docente la presenta a sus alumnos mientras les explica que es una versión simplificada de *Netlogo* pero tiene la misma función de modelar y simular escenarios que permiten experimentar con diferentes variantes y registrar sus cambios para generar hipótesis a esos comportamientos.

En este punto el docente dirige a sus alumnos a la biblioteca de modelos y les pide abrir el modelo *Ants (Hormigas)* en el cual se simula el comportamiento de una colonia de hormigas buscando alimento para explicar de manera gráfica el equilibrio sistémico en ese escenario.

El docente puede utilizar diferentes estrategias como educación virtual, o en ambientes presenciales en aula inversa, gamificación, aprendizaje basado en resolución de problemas o alguna otra estrategia que permita que los alumnos puedan experimentar y obtener sus propias conclusiones.

Las *apps* educativas que se utilizan mediante dispositivos electrónicos pueden ser utilizadas en una variante de aprendizaje mixto o *blended learning* en el que ambientes virtuales de aprendizaje pueden ser utilizados en ambientes presenciales, en las que, utilizando un *smartphone* con un curso precargado y una *app* como “Universo Tortuga” se puede utilizar para replicar algunos de los experimentos clásicos de *Netlogo* como Flocking, *Ants* o *PacMan*. Mediante un dispositivo provisto común provisto de una *app* utilizada como herramienta virtual se pueden organizar y ejecutar diferentes configuraciones de procesos de aprendizaje.

4.5 Otros ejemplos de aplicaciones educativas del ABM

Para cerrar con esta sección que ha reflexionado sobre la tecnología de Modelado Basado en Agentes (ABM) como herramienta educativa hay que sintetizar algunos puntos relacionados con la definición de ABM y otros relacionados con su uso en el terreno educativo, se describen a continuación.

Como se ha mencionado el ABM es una técnica de modelaje y simulación por computadora que es utilizada en varias áreas del *conocimiento* tales como la economía, la ingeniería, las ciencias sociales, la biología o la ecología; con el ABM se intenta simular sistemas complejos

integrados por agentes autónomos (unidades capaces de obrar en provecho propio) que interactúan con el entorno.

Ahora es momento de mencionar algunas de las aplicaciones de un ABM en la educación a partir de los siguientes ejemplos:

1. Investigación educativa: Los modelos basados en agentes (ABM) pueden ser utilizados para analizar sistemas complejos en procesos de enseñanza-aprendizaje tanto presenciales como virtuales, por ejemplo, la dispersión de información en una red, la detección de pautas y comportamientos emergentes, así como el ensayo de hipótesis en modelos. Los investigadores pueden simular mediante un ABM entornos virtuales de aprendizaje y con ello encontrar patrones de comportamiento y posibles políticas de acción.
2. Desarrollo de currículo: mediante modelado basado en agentes se pueden intentar desarrollar y probar diseños de currículo; como ejemplo los investigadores educativos pueden utilizar ABM para simular el impacto de diversas estrategias de enseñanza, así como diferentes métodos de evaluación del aprendizaje de comunidades de estudiantes definidas. En el software Netlogo, en la Biblioteca de Modelos, pueden consultarse ejemplos concretos de currículo educativo basados en ABM y aplicados en la práctica educativa.
3. Análisis de políticas educativas: los modelos ABM pueden simular el impacto de políticas y estrategias educativas en comunidades de escolares.

Juegos educativos o gamificación: diferentes ABM desarrollados en Netlogo pueden ser utilizados para la educación (Ants, Pac-Man, Game of Life, Robbie) y como base para un proceso de gamificación. Estos modelos pueden proporcionar elementos de aprendizaje que pueden resultar divertidos y atractivos para explorar sobre sistemas complejos, interacción entre agentes, ambientes virtuales o pensamiento computacional y lógico.

En resumen, los modelos basados en agentes ABM como los provistos por Netlogo, pueden resultar ser herramientas virtuales útiles en procesos educativos, para la investigación de sistemas complejos, experimentar hipótesis y desarrollar soluciones a problemas complejos.

5. Resultados

A continuación, se comparten los resultados de la experiencia de conducir un Taller de Modelado y Simulación Educativa para alumnos de la Universidad Virtual del Estado de Guanajuato.

En el año 2022 se comenzó con el desarrollo de la segunda parte de esta investigación en la que se organizó un Taller modelaje y simulación para la docencia. En ese mismo año comenzaron los trabajos de convocar a miembros de la comunidad educativa de la UVEG para que pudieran familiarizarse con el desarrollo de esta propuesta y de las tecnologías que se mencionan (MBA-Netlogo) para ser aplicada como herramienta virtual en los procesos de enseñanza-aprendizaje en el contexto educativo de nuestra Universidad. En ese año se llevó a cabo la primera edición de este taller, sin embargo, se reportó baja participación debido a complicaciones con los tiempos de asistencia y participación de los asistentes.

En el año de 2023 se llevaron a cabo dos ediciones más del taller MBA logrando afinar los contenidos y la metodología del mismo (lo que contribuyó a la propuesta de unidad o planeación para la enseñanza basada en las ciencias de la complejidad y el pensamiento complejo). Nuevamente el factor del tiempo de los participantes complicó la participación de los alumnos de la UVEG en el taller por lo que se decidió optar por una propuesta asincrónica generando un curso completo utilizando la plataforma educativa Google Classroom©.

Gracias a la medida implementada la participación en el Taller aumentó logrando con ello obtener información que si bien, no es representativa del interés de todos los participantes de la Maestría en Educación, sí logra ser una muestra del interés de algunos participantes por conocer este enfoque y esta tecnología para ser aplicada en contextos educativos virtuales (y quizá en ambientes presenciales). A continuación, se presentan los resultados de una encuesta de opinión mediante la cual los participantes en el Taller de modelaje y simulación educativa comparten sus impresiones de la propuesta, enfoque y tecnologías expuestos a lo largo de esta investigación.

5.1 Relación de Resultados:

1.- Durante el **periodo de 2022 para 2025** se logró captar el interés de **48 alumnos** de la *Maestría en Educación con Enfoque en Línea* de la **Universidad Virtual del Estado de Guanajuato**.

2.- En las diferentes versiones del **Taller de Modelado y simulación educativa** (versión sincrónica o asincrónica) participaron **48 alumnos**. **5 alumnos** participaron en la versión **sincrónica** del taller mientras que **43 alumnos** participaron en la versión **asincrónica**. Esto indica que para los participantes en el taller contar con estos contenidos de manera asincrónica en forma de un Ambiente Virtual de Aprendizaje que utiliza una plataforma educativa es más atractivo.

3.- De los **43 alumnos** que **participaron** en la **versión asincrónica del Taller**, sólo **5 participantes ofrecieron una retroalimentación** al Taller y sus contenidos. Se ignoran las causas de la poca participación en la actividad de retroalimentación del Taller. La evaluación consistió en un breve cuestionario de 5 preguntas; el cuestionario es semiestructurado con dos preguntas cerradas que utilizan una Escala Likert y tres preguntas abiertas.

4.- A la pregunta **¿Cómo calificas el contenido del Taller?**, **4 de 5** participantes **consideraron** que el **contenido** del Taller fue **excelente**.

5.- A la pregunta **¿Qué contenido crees que debería ser incluido en el Taller?**, los participantes indicaron lo siguiente:

Participante	Opinión
1	Mesa de debate, panel de expertos.
2	Un apartado de ejercicios para que el participante pueda practicar.
3	Para mí todo tranquilo es nuevo, así que lo considero excelente.
4	Un simulador. Un link que envíe al participante a realizar una actividad del proceso que se sigue en la aplicación NetLogo o un video tutorial.

5	No contestó
---	-------------

6.- A la pregunta **¿Cómo calificas la organización del Taller?**, 4 de 5 participantes **indicaron** que les pareció **excelente** la **organización** del Taller.

7.- A la pregunta **¿Qué aspecto de organización crees que debería ser incluido en el Taller?**, los participantes indicaron que:

Participante	Opinión
1	Incluirlo en una materia de la maestría para poder tener más participantes y construir modelos de simulación aplicados a la educación.
2	Me parece adecuado.
3	Creo que debería de haber más participación en su desarrollo. El tema es, literalmente, muy complejo para estar a cargo de una sola persona. Se necesita un equipo.
4	Ninguno
5	No contestó

8.- A la pregunta **¿Deseas incluir alguna observación o comentario sobre tu experiencia en el Taller?**, los participantes opinaron que:

Participante	Opinión
1	El taller estuvo bien, pero un poco difícil de seguir sin conocimientos previos de la complejidad.
2	Es una propuesta muy interesante y valdría la pena difundirla para que los docentes en servicio la apliquen en su práctica diaria.
3	Incluirlo en una materia de la maestría para poder tener más participantes y construir modelos de simulación aplicados a la educación.
4	Me parece adecuado.

5	No contestó
---	-------------

9.- Desde un punto de vista estadístico y cuantitativo es evidente que los resultados obtenidos no son significativos, no obstante, hay que recordar que el diseño de la presente investigación presentó un enfoque cualitativo y un diseño exploratorio por lo tanto, más que obtener resultados concluyentes se ha intentado presentar un ejercicio de la percepción que docentes y alumnos en activo tienen sobre este tipo de contenidos en el programa de estudios en el que participan ya sea como docentes o como estudiantes ya que es claro que las respuestas a las preguntas abiertas manifiestan inquietudes y sugerencias desde ambos roles.

6. Conclusiones

En esta sección se presentan las conclusiones que se han logrado obtener del proceso de análisis presentado en este artículo. Lo que a continuación se presenta es una síntesis de los aportes que el uso del enfoque del pensamiento complejo y el uso de las técnicas metodológicas de análisis de sistemas complejos como el ABM que pueden ofrecer en la adquisición de habilidades y competencias de pensamiento crítico, de metacognición, habilidades digitales y de investigación entre los docentes y los alumnos.

6.1 Modelaje y simulación educativa

A la pregunta, ¿cuál es la relación de la investigación en sistemas complejos y la investigación educativa?, se ha intentado responder mostrando que existen principios teóricos, enfoques metodológicos y herramientas virtuales a las que se denomina modelos y simulaciones que unen ambos tipos de ámbitos de investigación.

Para ahondar en la relación entre complejidad y aprendizaje hay que considerar que los procesos educativos a partir de la pandemia de COVID-19 han utilizado de manera creciente la virtualidad como apoyo para la educación mediante diversas iniciativas.

Lo que estas iniciativas de educación virtual tienen en común es el hecho de usar las tecnologías de la información y la comunicación como apoyo a los procesos de enseñanza-

aprendizaje. De esta manera una caracterización de la virtualidad desde el punto de vista educativo consideraría aquellos recursos, herramientas y enfoques que contribuyen en los procesos de enseñanza-aprendizaje en entornos o ambientes no-presenciales.

También debe enfatizarse que la simulación y el modelaje educativo resultan una versátil herramienta para la educación escolarizada o semi-escolarizada, la capacitación y el entrenamiento en ambientes laborales dado que se pueden utilizar diversas configuraciones para el fomento de un aprendizaje realmente significativo en las personas que así lo requieran o deseen por el hecho de estar mediada por la tecnología de la información.

De aquí se desprende que la virtualidad o educación virtual en forma de modelos y simulaciones forma parte de la investigación en sistemas complejos dado que se utiliza esta dimensión cognitiva para indagar sobre esa clase de sistemas, pero también de los procesos de investigación, enseñanza y aprendizaje.

Debe quedar claro que las herramientas aquí descritas, propician que la virtualidad se convierta en una herramienta legítima para la enseñanza en ambientes virtuales y presenciales de aprendizaje. Lo que el lector debe tener claro es que los educadores han comprendido que la educación virtual es una opción viable para educar, capacitar e instruir a diversos tipos de alumnos, aprendices y capacitandos así como también puede ser una herramienta que complementa los ambientes presenciales de aprendizaje sin que necesariamente sea el reemplazo de la educación presencial.

En la circunstancia educativa actual planteada en la *Introducción* de este artículo, la educación virtual resulta un complemento para la educación presencial. En este contexto explorar y aplicar herramientas virtuales en contextos educativos, presenciales o virtuales, resulta una necesidad que debe ser satisfecha.

Explorar el caso del modelaje basado en agentes (ABM) y en particular de una herramienta como Netlogo resulta en una contribución a los procesos descritos en calidad de una aproximación al problema.

El modelaje y la simulación educativa pueden responder una de las objeciones frecuentes en contra de la educación virtual y que se suscitó en “el encierro” durante la pandemia de COVID-19 y el periodo de virtualización de emergencia. Dicha objeción sostiene que carreras como ciencias de la salud, ingeniería o ciencias entre otras, no pueden ser enseñadas sólo con el apoyo de videos o plataformas virtuales.

En el caso anterior, es evidente que el modelaje y la simulación pueden apoyar el proceso educativo de programas de estudio que requieren la práctica en laboratorios y otros espacios de experimentación para el aprendizaje de manera virtualizada.

Debe considerarse que la educación postpandemia no puede dejar de lado la experiencia adquirida con todo el tiempo invertido por los docentes de todos los niveles al generar diversos contenidos e instrumentos para el trabajo y la educación en ambientes virtuales de aprendizaje. ¿Se debería dejar de lado la educación virtual y desaprovechar la valiosa experiencia del aprendizaje mediante ambientes virtuales de aprendizaje? En esta investigación se considera que no es viable esa postura.

La propuesta producto de esta indagación invita a pensar el futuro en el que se deberán encontrar nuevos espacios de educación, que deberán ser cada vez más flexibles para que, en caso de una nueva pandemia o cualquier otra contingencia global o regional, la educación virtual sea un apoyo real para la educación logrando que su adopción no sea obligatoria y a marchas forzadas, y esto se logrará abatiendo la escasa preparación docente sobre el tema.

De la manera expuesta se intenta evitar la frustración entre los usuarios de la educación virtual para que la curiosidad reemplace el malestar ante situaciones imprevistas y esto se convierta más bien en la actitud natural de reaccionar frente a dichos escenarios. En ese sentido la conclusión que se ofrece a continuación implica considerar qué competencias se deben poseer para enfrentar escenarios como los descritos.

Finalmente es evidente que es necesaria una “alfabetización digital” más intensa entre los docentes y existen alternativas, masivas, de bajo costo y de una implementación técnicamente moderada para lograr abatir este caso como el caso de simuladores como Netlogo.

6.2 Competencias y habilidades del pensamiento complejo para la investigación y la docencia

Como se ha mencionado uno de los sistemas complejos de mayor impacto que ha enfrentado la humanidad recientemente es la pandemia de COVID-19 que ha presentado un comportamiento precisamente sistémico y complejo. La pandemia de COVID-19 representa un reto global o planetario que, recordando a Edgar Morin, debe ser comprendido desde el pensamiento complejo.

El pensamiento complejo implica una amplia variedad de procesos cognitivos: la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la creatividad y la metacognición. El punto anterior fundamenta la necesidad de iniciativas de educación que incorporen herramientas teóricas, materiales y virtuales que diversifiquen y enriquezcan los procesos educativos y que es lo que precisamente se ha intentado plantear en este artículo. Al respecto Covarrubias Papahiu, menciona que:

Es indispensable que los docentes rebasen el uso instrumental de las TIC, desarrollen habilidades y apliquen su creatividad para diseñar ambientes de aprendizaje que promuevan el desarrollo de habilidades profesionales y el pensamiento complejo en los estudiantes. (2020)

Este punto es muy relevante ya que este llamado a rebasar el mero aspecto instrumental de las tecnologías para impulsar una formación más integral, rica y diversa que tenga un efecto positivo en las habilidades y competencias digitales tanto entre los estudiantes como entre los docentes.

Por su parte Ginovart, et. al., señala que es importante desarrollar competencias de alto nivel de manera tal que los planes de estudio se nivelen con las tendencias globales: “Siguiendo

las directrices del proyecto PISA (Programme for Indicators of Student Achievement) deberíamos prestar especial atención al desarrollo de competencias o habilidades tales como pensar matemáticamente, argumentar, representar y comunicar, resolver, o usar técnicas matemáticas, pero también modelizar.” (2011, p. 31)

Otra competencia relevante derivada del pensamiento complejo es la creatividad que está relacionada directamente con el enfoque generativo de las ciencias de la complejidad. El docente que se basa en esta línea de pensamiento puede impulsar la creatividad motivando a sus estudiantes a aproximarse desde diversas perspectivas a diferentes problemas, logrando con ello un aprendizaje significativo y el desarrollo de soluciones novedosas y que escapan de estereotipos. En este rubro obras de Edgar Morin como *El Método*, *Ciencia con consciencia* y *La mente bien ordenada* pueden ser material de consulta al respecto.

Una competencia más que puede ser impulsada por el pensamiento complejo es la metacognición, que se define como: “el control que tiene el individuo sobre sus procesos cognitivos y cognoscentes, unida al modelo constructivista permite identificar desde lo que se es, lo que se sabe, como se aprende y como se ejecuta lo aprendido”, (Restrepo, 2017, p. 54). En este caso al promover la metacognición entre los estudiantes, estos pueden lograr la reflexión sobre su aprendizaje e identificar áreas de oportunidad, de esta manera se puede lograr un tipo de educación más robusta tal y como lo expone Restrepo:

La educación por competencias desde el constructivismo, la metacognición y el pensamiento complejo, brinda una manera integral de enseñanza, donde se aborda al individuo como un ser integralmente complejo, con una cultura rica en posibilidades de aprendizajes, con la necesidad de enseñar técnicas de aprensión [sic] y con impacto personal, laboral, empresarial, cultural y ecológico. (2017, p. 64).

Como un resultado de generar unidades de aprendizaje basadas en el pensamiento complejo se intenta fomentar entre los estudiantes una base robusta de ejemplos en el área temática que se desea explorar lo que es coincidente con el enfoque generativo dado que impulsa la creatividad y la imaginación.

Por otra parte, Almarza Díaz (2015, p. 59) al elaborar una actividad para la enseñanza de la Biología utilizando técnicas de modelaje como estrategia docente señala que se pueden obtener las siguientes competencias:

- competencia en comunicación lingüística;
- competencia matemática;
- competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico;
- competencia digital;
- competencia social y ciudadana;
- competencia para aprender a aprender.

Sumarizando mediante un esquema básico entre 2 grupos de competencias y habilidades digitales para la docencia aportadas por la investigación en sistemas complejos, es posible encontrar un primer grupo orientado a las competencias teóricas mientras, que se identifica un segundo grupo orientado a las habilidades metodológicas y tecnológicas.

En el primer caso es posible identificar un grupo de competencias consistentes en directrices para el trabajo teórico y de investigación como el uso del pensamiento matemático para representar fenómenos o problemas de estudio, así como competencias del pensamiento lógico para la resolución de problemas.

Con respecto al segundo grupo de competencias que devienen del análisis de sistemas complejos es posible encontrar las competencias tecnológicas o digitales asociadas a la actividad de modelizar mismas que se han descrito líneas arriba.

Como se desprende de lo anterior se implica que mediante competencias y habilidades del pensamiento complejo se puede fomentar entre los estudiantes el logro de identificar proposiciones, evaluar evidencia y utilizar el pensamiento lógico para la extracción de conclusiones. De esta manera el pensamiento complejo, crítico y lógico se convierte en una

base para la enseñanza de cómo estructurar la información en la enseñanza de la programación lo que se convierte de facto en una competencia tecnológica.

Cuando se ha logrado generar una base de aprendizaje sólida relacionada con el pensamiento complejo, los educadores pueden robustecer aprendizajes previos como analizar y evaluar la información de manera crítica. Esta base proporciona un punto de partida para que los estudiantes participen en el pensamiento y la resolución de problemas de alto nivel.

Por las razones expuestas queda claro que la enseñanza y aprendizaje de habilidades y competencias de pensamiento complejo es crucial en el mundo contemporáneo que es muy dinámico y en el que es necesaria la resolución de problemas complejos y tomar decisiones informadas basadas en grandes cantidades de datos, patrones, agentes y efectos emergentes tal y como la pandemia de COVID-19 ha dejado en claro.

Como puede apreciarse el utilizar herramientas del pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad en la educación atrae consigo grandes beneficios que superan con creces las limitantes que puedan presentarse al adoptar este enfoque como modelo educativo.

Es necesario que los docentes logren adquirir y compartir estas competencias con sus alumnos, ya que con ello se lograría impulsar la adquisición de aprendizajes significativos y de esta manera lograr que los estudiantes se encuentren preparados para enfrentar desafíos complejos y tomar decisiones acertadas basadas en evidencia y lógica.

En síntesis, se puede afirmar que el fomento y desarrollo de habilidades y competencias digitales requiere bases del pensamiento complejo y del pensamiento crítico y la resolución de problemas, así como el fomento de la metacognición.

7. Referencias

Almarza Díaz, D. (2015). *Evaluación del programa de simulación NetLogo como herramienta motivadora y eficaz para trabajar destrezas científicas (Trabajo Fin de Máster)*. Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/33094/>

Aracil, J. (1995). Notas sobre el significado de los modelos. En F. Broncano (Ed.), *Nuevas meditaciones sobre la técnica* (pp. 53-79). Trotta.

Broncano, F. (2000). *Mundos artificiales: Filosofía del cambio tecnológico*. Paidós.
Complexity Explorer. (2017). *Introduction to complexity* [Curso masivo en línea]. Santa Fe Institute. <https://www.complexityexplorer.org/>

Covarrubias-Papahiu, P. (2020). Representaciones docentes sobre las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para la enseñanza de la psicología. *Propósitos y Representaciones*, *8*(2), Article e407. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2307-79992020000400043

DataPol. (2023). *Habilidades Digitales 2023: Diagnóstico nacional sobre competencias tecnológicas en México*. http://www.datapol.mx/wp-content/uploads/2023/01/Habilidades-Digitales_2023.pdf

Érdi, P. (2008). *Complexity explained*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-35778-0>

Gell-Mann, M. (2002). *El quark y el jaguar: Aventuras en lo simple y lo complejo* (M. García, Trad.). Tusquets Editores. (Obra original publicada en 1994)

Ginovart, M., Portell, X., Ferrer-Closas, P., & Blanco, M. (2011). Modelos basados en el individuo y la plataforma NetLogo. En *Actas del III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad* (pp. 131-150). https://www.researchgate.net/publication/277136085_Modelos_basados_en_el_individuo_y_la_plataforma_NetLogo

Gobierno del Estado de México. (2022). *Nueva Escuela Mexicana: Principios y orientación pedagógica*. Secretaría de Educación del Estado de México. <https://dfa.edomex.gob.mx/sites/dfa.edomex.gob.mx/files/files/NEM%20principios%20y%20orientacio%CC%81n%20pedago%CC%81gica.pdf>

Harari, Y. N. (2019). *Sapiens: De animales a dioses* (J. Ros, Trad.). Debate. (Obra original publicada en 2011)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2022*. <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2022/>

Jörg, T. (2011). *New thinking in complexity for the social sciences and humanities: A generative, transdisciplinary approach*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1303-1>

Mitchell, S. D. (2003). *Biological complexity and integrative pluralism*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511802683>

Restrepo, D. A. (2017). El constructivismo, la metacognición y el pensamiento complejo como estrategia tripartita para el desarrollo de la gestión del conocimiento y las competencias laborales. *Certiuni Journal*, (3), 47-65. <http://www.certiunijournal.com>

Rodríguez, A., Magallanes, C., & Gutiérrez, R. (2020). Competencias digitales docentes en México: Diagnóstico y perspectivas. *Revista Iberoamericana de Educación Digital*, *24*(3), 33-52.

Rodríguez, B., Ólvera, M., & Rodríguez, C. (2020). Brecha digital en el profesorado mexicano: Un estudio comparativo. *Educación y Tecnología*, *18*(1), 45-67.

Sangrà, A. (2001). *La calidad en las experiencias virtuales de educación superior*. Universitat Oberta de Catalunya. <http://www.uoc.edu/web/esp/articles/calidad.html>

Schunk, D. H. (2012). *Teorías del aprendizaje: Una perspectiva educativa* (6ª ed.). Pearson Educación.

Secretaría de Educación Pública. (2024). *La Nueva Escuela Mexicana y su impacto en la sociedad*. Gobierno de México. <https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2024/05/La-NEM-y-su-impacto-en-la-sociedad.pdf>

Wilensky, U. (1999). *NetLogo* (versión 6.3.0). Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>