



SIMULANDO EL FUTURO DE LA HUERTA. UNA EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN DOCENTE BASADA EN EL USO DE TIC

Climent Valiente, M.A.¹, Esteve Guirao, P.¹, Martínez, J.²

¹Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia.

²Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia (OSERM). Instituto Universitario de Agua y Medio Ambiente (INUAMA). Universidad de Murcia

Temas de Interés: {X } Experiencias de innovación apoyadas en el uso de TIC. Nuevos escenarios tecnológicos para la enseñanza y el aprendizaje.

Idioma en el que se va a realizar la defensa: {X } Español

Resumen: Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) están adquiriendo un papel relevante en la enseñanza a todos los niveles educativos. En el presente trabajo se ha diseñado una experiencia de innovación docente con la que se pretende aplicar las modelizaciones dinámicas o simulaciones de sistemas complejos para el aprendizaje y la resolución de problemas ambientales relacionados con la sostenibilidad. La propuesta se ha diseñado para la asignatura Política Ambiental y Desarrollo Sostenible del 4º Grado de Ciencias Ambientales de la Universidad de Murcia. Durante la actividad los estudiantes deberán enfrentarse a una situación problemática inicial hipotética, aunque cercana en el contexto regional, como es la pérdida de la Huerta de Murcia. Los alumnos/as mediante el manejo y análisis de una modelización teórica sobre la evolución de la Huerta en el periodo 1995-2025 actuarán como profesionales, resolverán las cuestiones que se les plantea sobre la sostenibilidad de este agrosistema y evaluarán las políticas locales de ordenación territorial.

Palabras claves: TIC, enseñanza universitaria, modelizaciones dinámicas, sostenibilidad, ecoeficiencia del territorio, problemas ambientales.

Abstract: The information and communication technologies (ICT) are acquiring and increasing role and relevance at all teaching levels. In this work it has been designed a teaching innovation experience to the dynamic modelling or simulation of complex systems for learning and for the resolution of environmental problems linked to sustainability. The proposal is designed for the subject of Environmental Policy and Sustainable Development, in 4º of Degree in Environmental Sciences of Murcia University. During the activity the studies will face an hypothetical initial problem which is close in the local context: the loss of Huerta Murcia. By managing and analysing a theoretical model on the dynamics of the Huerta along the 1995-2025 time period, the students will act as consultants, will solve the questions which will be set out around the sustainability of this agro-system and will assess the local policies of land planning.

Keywords: ICT, university level teaching, dynamic simulation, sustainability, land eco-efficiency, environmental problems.

1. MARCO TEÓRICO DE LA PROPUESTA

En los últimos tiempos, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) aplicadas a la educación científica han experimentado una gran evolución. Numerosos estudios han mostrado la utilidad didáctica de las nuevas tecnologías, como medios interactivos de comunicación que permiten el acceso a toda clase de información, instrumentos para la resolución de ejercicios y problemas y herramientas que pueden efectuar simulaciones de experimentos y fenómenos científicos (Pontes *et al.*, 2006).

Los programas didácticos de ordenador poseen algunas características bastante interesantes desde el punto de vista educativo como son la gran capacidad de almacenamiento y de acceso a todo tipo de información, la propiedad de simular fenómenos naturales difíciles de observar en la realidad o de representar modelos de sistemas físicos inaccesibles, la interactividad con el usuario, o la posibilidad de llevar a cabo un proceso de aprendizaje y evaluación individualizada, entre otras muchas aplicaciones educativas.

Los recursos TIC que son de utilidad para el profesorado del ámbito científico pueden ser de dos tipos: recursos de propósito general y programas específicos de enseñanza asistida por ordenador. Los segundos utilizan programas diseñados específicamente para instruir y orientar al alumnado sobre aspectos concretos de una materia. Entre estos últimos se encuentran los programas de simulación (Pontes, 2005).

Los programas de simulación están adquiriendo relevancia en la enseñanza de las ciencias medioambientales ya que permiten visualizar procesos complejos de forma gráfica (Ojeda *et al.*, 2009). Las simulaciones proporcionan una representación dinámica del funcionamiento de un sistema determinado y permiten visualizar el desarrollo de procesos simples o complejos, mostrando la evolución del sistema representado y la interacción entre los diversos elementos que lo integran o al menos algunas consecuencias de tales interacciones (Martínez *et al.*, 1994).

Por otra parte, estos modelos utilizan sistemas donde se pueden modificar algunos parámetros o variables obteniendo resultados observables que permiten realizar inferencias sobre la influencia de estos factores en el comportamiento del sistema, por tanto proporcionarán al alumno la oportunidad de interactuar, reflexionar, aprender y participar de forma activa en el proceso educativo (Andaloro *et al.*, 1991).

Según Ojeda *et al.* (2009) en la Educación para la Sostenibilidad los avances realizados en cuanto al uso de herramientas TIC orientadas a tareas de simulación y modelización están básicamente centradas en el desarrollo de laboratorios virtuales mientras que las modelizaciones dinámicas no se han desarrollado suficientemente hasta la actualidad.

Sin embargo algunos países como Estados Unidos llevan varias décadas trabajando con modelizaciones dinámicas aplicadas a la enseñanza de alumnos de diferentes niveles educativos (Lyneis *et al.*, 2007). Las ventajas pedagógicas de estas técnicas

radican en la comprensión del funcionamiento de sistemas complejos, sobre todo en el marco de la sostenibilidad, donde en los problemas reales interactúan muchas variables. También promueven el desarrollo de habilidades cognitivas y la capacidad de pensamiento abstracto, pudiendo los estudiantes apreciar interrelaciones y así buscar las conexiones que dan sentido a las diferentes partes de los sistemas. Son también muy útiles para demostrar que las relaciones causa-efecto pueden ser a distintas escalas espacio-temporales. Finalmente las simulaciones permiten a los estudiantes hacerse preguntas, generar y testar hipótesis y elaborar conclusiones fomentando el razonamiento científico (Lyneis *et al.*, 2007; Skaza *et al.*, 2013).

No obstante, para su implementación en la enseñanza hay algunas barreras que superar. Según Skaza *et al.* (2103) existen barreras de tipo externo, como la falta de acceso a ordenadores y al software; y de tipo interno, como las relacionadas con las habilidades tecnológicas de los profesores, especialmente las limitaciones en la comprensión de los modelos. Estas últimas son las más difíciles de resolver porque suelen estar profundamente enraizadas.

Las estrategias dirigidas a solucionar los problemas internos pasan por la formación y el apoyo al profesorado, Skaza *et al.*, 2013. Resulta por tanto muy interesante avanzar en el uso de modelizaciones y simulaciones como herramientas TIC ligadas a la enseñanza en todos los niveles, especialmente en el ámbito universitario de aquellas materias relacionadas con Ciencias Ambientales y Sostenibilidad.

2. OBJETO DEL TRABAJO

El presente trabajo surge de la necesidad de desarrollar propuestas de innovación educativa utilizando las TIC en la docencia universitaria. Además, los futuros profesionales del campo de las Ciencias Ambientales deberían afrontar nuevos retos como promover una cultura ambiental y situar el medio ambiente y la sostenibilidad en el centro de las políticas de desarrollo económico y social del futuro.

En este sentido, el objeto del trabajo ha sido diseñar una experiencia de innovación educativa dirigida los alumnos/as del Grado de Ciencias Ambientales de la Universidad de Murcia, basada en el uso de modelizaciones y simulaciones dinámicas. Los estudiantes mediante la utilización de un modelo específico deberán comprender y ser capaces de resolver problemas ambientales de interés en el contexto regional.

3. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA PROPUESTA

La propuesta se va a aplicar en la asignatura optativa *Política Ambiental y Desarrollo Sostenible* del 4º curso del Grado en Ciencias Ambientales de la Universidad de Murcia. Dentro del programa de la asignatura correspondería al bloque 4 *Estudio y discusión de casos del entorno ecogeográfico*.

Se propone como caso de estudio la dimensión territorial de la sostenibilidad y el uso ecoeficiente del territorio en el contexto de la problemática ambiental relacionada con la Huerta de Murcia.

Como punto de partida hemos utilizado el modelo de simulación dinámica construido por el Observatorio de la Sostenibilidad de la Región de Murcia (OSERM) para

abordar la evolución de la Huerta (Martínez, J. y Esteve, M.A. 2009; Martínez *et al.*, 2013). En este modelo se presentan las principales interacciones socioeconómicas y ambientales, permite comprender los factores que inciden en su paulatina desaparición y analizar distintos escenarios y opciones de gestión que podrían ayudar a mantener la viabilidad y sostenibilidad de estos valiosos agropaisajes.

Características del modelo HUERTA.

Este modelo simula la evolución de la Huerta de Murcia entre 1932 y 1995 (figura 1). De la aplicación del modelo se obtienen los siguientes resultados y conclusiones:

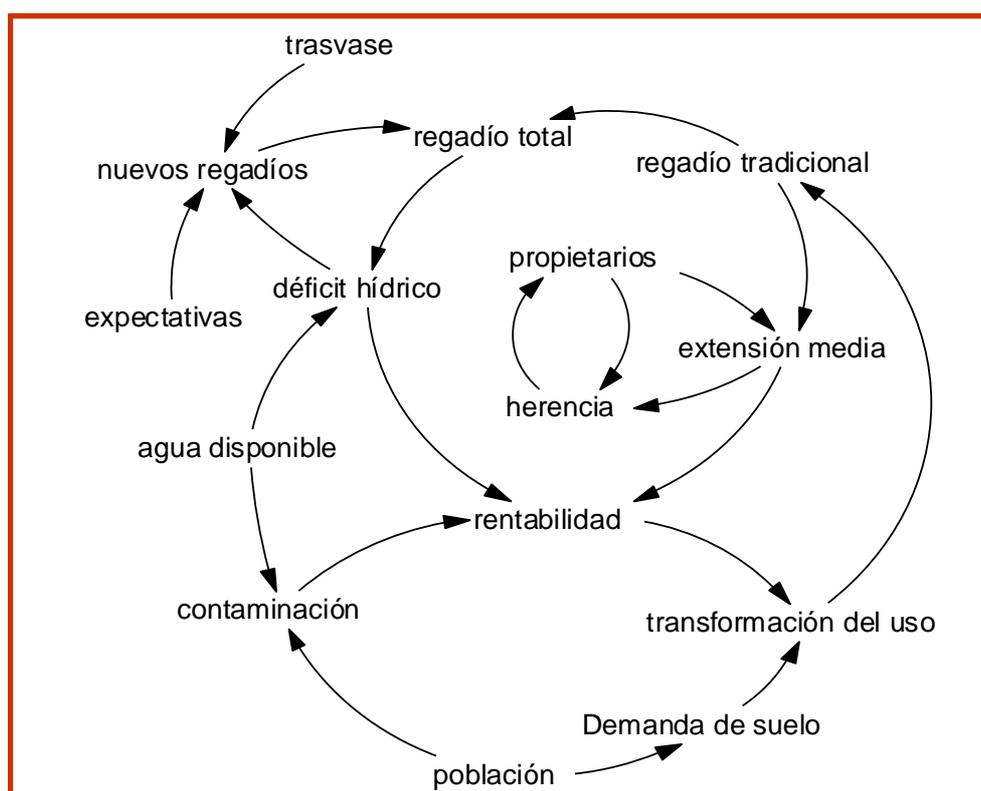


Figura 1: Diagrama simplificado del modelo HUERTA

- La tasa de pérdida del regadío tradicional aumentaría a lo largo del tiempo como consecuencia del incremento de la población y de la reducción de la rentabilidad, debido este último al crecimiento del número de propietarios y la consiguiente disminución de la extensión media.
- La posible evolución a medio y largo plazo de la Huerta de Murcia puede realizarse bajo dos escenarios: el Escenario base, en el que continúan las mismas tendencias observadas hasta ahora, y el escenario Conservación Integrada, el más favorable.
 - o Escenario Base: El regadío tradicional continúa su negativa evolución de modo que hacia el final del periodo de simulación la huerta tradicional ronda las 8.000 hectáreas. Este descenso se debe tanto a la reducción de la rentabilidad, reducción en la que el factor que ejerce un

mayor peso es la menor extensión media de la propiedad, como al sustancial incremento de la población.

- Escenario Conservación Integrada: Implica adoptar medidas para contener la demanda de suelo para usos urbanos e industriales, aumentar la extensión media del regadío tradicional y eliminar la contaminación del agua. Bajo este escenario la superficie de huerta tradicional hacia el año 2025 se situaría por encima de las 10.000 hectáreas, de modo que el espacio de huerta perdido sería sólo un tercio del esperable bajo la continuación de las tendencias actuales.
- No obstante bajo este último escenario la tendencia a la pérdida del regadío disminuye considerablemente pero no desaparece por completo. Esto confirma la fuerza de los factores endógenos del sistema, los cuales con frecuencia impiden que medidas parciales alcancen toda su eficacia potencial y señala la necesidad de aplicar políticas más globales que combinen tanto aspectos urbanísticos y agrarios como relativos a la gestión de los recursos hídricos y a las políticas de ordenación del territorio y conservación de la naturaleza.

4. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA:

Nuestra experiencia está muy relacionada con el **objetivo de la materia Política Ambiental y Desarrollo Sostenible** que plantea *dotar al alumnado de los conocimientos y las competencias necesarias para entender cómo se diseñan las Políticas Ambientales, en el sentido amplio del término. Para ello es preciso discutir desde una visión interdisciplinar los distintos problemas ambientales actuales en el contexto del cambio global, así como las respuestas sociales al mismo.* Se trata de un buen ejemplo de *Estudio y discusión de casos del entorno ecogeográfico.*

Los **objetivos de aprendizaje** que pretendemos que alcancen estudiantes son: comprender el funcionamiento de sistemas complejos y sus interacciones. Enfrentarse como futuros profesionales a situaciones problemáticas reales desde nuevos enfoques y perspectivas. Desarrollar habilidades y destrezas científicas al manejar y aplicar el modelo de la Huerta. Promover actitudes consecuentes y responsables hacia el medio ambiente y la sostenibilidad.

También puede contribuir al desarrollo de numerosas **competencias** de la asignatura, sobre todo las específicas:

- Transversal 3. Ser capaz de gestionar la información y el conocimiento en su ámbito disciplinar, incluyendo saber utilizar como usuario las herramientas básicas en TIC.
- Competencia 1. Capacidad de consideración multidisciplinar de un problema ambiental. Específicamente con la Planificación y ordenación integrada del territorio.
- Competencia 2. Conciencia de las dimensiones temporales y espaciales de los problemas ambientales
- Competencia 3. Capacidad de interpretación cualitativa de datos

- Competencia 8. Desarrollar el razonamiento crítico en una visión interdisciplinar.
- Competencia 10. Analizar los problemas ambientales locales y globales y la respuesta social ante los mismos.
- Competencia 11. Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos en la práctica.

En esta propuesta se van a abordar los siguientes **contenidos**:

- La dimensión territorial de la sostenibilidad, la importancia del territorio como recurso y el uso ecoeficiente del mismo.
- Relevancia de la Huerta de Murcia como ejemplo paradigmático de los regadíos mediterráneos tradicionales, sus funciones ambientales, culturales y socioeconómicas.
- Resolución de problemas ambientales mediante el uso de herramientas informáticas. Aprendizaje del funcionamiento de sistemas complejos, los factores implicados e interacciones.
- Adopción de distintos escenarios y opciones de gestión para la sostenibilidad.

En cuanto a la **metodología** de la puesta en práctica de la experiencia se va a desarrollar en una sesión de 2 horas de duración, donde los alumnos/as trabajarán de forma individual. Su papel es muy activo ya que se enfrentarán a una situación problemática compleja, mediante un programa de ordenador, que les permitirá reflexionar, interrelacionar variables, observar el efecto a largo plazo de determinados factores socioeconómicos o ambientales, analizar, indagar y proponer soluciones al problema planteado.

El profesor/a tendrá protagonismo al principio de la actividad al dar las instrucciones necesarias para el manejo básico del programa. Sin embargo, de forma progresiva dejará a los estudiantes mayor autonomía para que apliquen el modelo, elaboren sus propias propuestas y obtengan conclusiones.

La experiencia se iniciará con la explicación por parte del profesor/a del manejo del programa *Vesim model reader*. Este programa consiste en un sencillo visualizador de modelos que permite al alumno/a observarlos, realizar simulaciones modificando los valores de sus parámetros y analizar los resultados que se obtienen.

Nuestra propuesta está compuesta por las siguientes **actividades**:

- **ACTIVIDAD 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**
- **ACTIVIDAD 2. EL MONOPOLY DE LA HUERTA**
- **ACTIVIDAD 3. LA HUERTA EN EUROS**
- **ACTIVIDAD 4. ¿Y ADEMÁS QUÉ?**
- **ACTIVIDAD 5. DALE VOZ A LA HUERTA**

La actividad 1 plantea un problema en el que dos alumnos universitarios que pasean por la mota del río Segura debaten sobre la problemática de la pérdida de la Huerta tradicional de Murcia. Además se les muestra información sobre el estudio realizado por el OSERM sobre este agrosistema y se les pide que trabajen como consultores ambientales para el Ayuntamiento de Murcia (figura 2).

EL FUTURO DE LA HUERTA DE MURCIA



Son las vacaciones de Semana Santa, dos universitarios, Elena y Javier, van a montar en bici por la mota del río Segura en la ciudad de Murcia. Pasan por el jardín del Malecón y observan cómo están preparando las barracas y las actividades para las fiestas de primavera.

-Yo cada vez entiendo menos estas fiestas, el bando de la Huerta ha perdido todo su significado, la Huerta ha pasado de ser un sistema de regadío tradicional y un agropaisaje de valor excepcional a convertirse en un jardín de chalet. ¡La estamos destruyendo y no podemos permitirlo! Exclama Elena indignada.

-Es lo que demanda nuestra sociedad para generar progreso, los valores ambientales y culturales son secundarios y no podemos hacernada para evitarlo, no te calientes tanto la cabeza que estamos de vacaciones, le responde Javier. Ambos siguen su paseo y se adentran por la actual Huerta de Murcia.

El Observatorio de la Sostenibilidad de la Región de Murcia, mediante el uso de modelizaciones y simulaciones sobre la Huerta de Murcia ha llegado a la conclusión de que el actual Plan General Municipal de Ordenación (PGMO) de Murcia supone una agresión a la conservación de la Huerta. Según los estudios realizados, la implementación de este Plan ha acelerado la pérdida de huerta tradicional.



Trabajas en una consultora ambiental y los técnicos del Ayuntamiento de Murcia quieren revisar su Plan General (PGMO) y te han encargado que hagas un informe técnico de la huerta.

Elabora este informe utilizando el modelo de simulación de la huerta de Murcia. Debes analizar su evolución atendiendo a los factores medioambientales, socioeconómicos, culturales y los agentes sociales implicados pensando en escenarios de futuro. Haz una propuesta de medidas de gestión y conservación para garantizar su sostenibilidad.

Figura 2. Problema inicial incluido en el Guion del alumno/a

En la actividad 2 se analiza la influencia de la demanda de suelo en la evolución de la superficie de huerta durante el periodo 1995-2025. Los estudiantes pueden observar los cambios si incrementa la demanda de suelo porque aumenta la población o impera un modelo de urbanización de baja densidad y casas aisladas, que necesita más suelo per cápita. Se abordarán los siguientes casos de estudio:

- Caso 1: Incrementa la población porque se hacen políticas para favorecer la natalidad y además existe un aumento de inmigración.
- Caso 2: La población no cambia, es la misma que el escenario base pero hay una mayor demanda de suelo porque se fomenta desde los poderes públicos un tipo de urbanización residencial (dispersa) frente a la concentrada.

- Caso 3: Se realizan políticas de control de la demanda de suelo y ésta disminuye.

El alumno/a puede aumentar/disminuir la tasa de demanda de suelo urbano per cápita, aplicar el modelo, ver los resultados y contrastarlos con la simulación base.

En la actividad 3 se estudia el efecto de la rentabilidad de los regadíos tradicionales en la evolución de la superficie de Huerta durante el periodo 1995-2025. Los estudiantes analizarán los siguientes casos:

- Caso 4: Se reduce la rentabilidad de los cultivos al disminuir el tamaño medio de la parcela (ya que aumenta el número de propietarios).
- Caso 5: Se hacen políticas para proteger la superficie de los regadíos tradicionales como por ejemplo la creación de cooperativas, que suponen aumentar la superficie media de la propiedad.

En la actividad 4 los estudiantes tendrán que valorar cómo afectan algunos factores como los nuevos regadíos, la disponibilidad y la contaminación del agua a la evolución de la Huerta y su importancia. De forma autónoma plantearán y resolverán sus propios casos de estudio relacionados con dichos factores.

Finalmente en la actividad 5 los estudiantes han de plantearse de nuevo el problema inicial y evaluar cómo afecta a la evolución de la Huerta la combinación de determinados factores de tipo medioambiental, socioeconómico y cultural. La actividad se realizará en dos fases:

- Fase 1: Deberán analizar cuáles son los factores con más peso para la conservación de la Huerta y diseñar su propio escenario de conservación integrada, en el cual, la superficie de la Huerta no disminuya durante el periodo de estudio (1995-2025). Además deben realizar diferentes pruebas en el modelo para obtener unos resultados que les permitirá evaluar los cambios producidos.
Además, deberán reflexionar sobre el proceso seguido en todas las actividades y justificar por qué el escenario que proponen es la mejor opción para conseguir la conservación y sostenibilidad de la Huerta. Posteriormente elaborarán medidas concretas de gestión y conservación de la Huerta relacionadas con el modelo. Para esta última parte se les proporcionará las recomendaciones elaboradas por Moreno (2011) para su análisis y debate.
- Fase 2: En esta fase los alumnos/as reflejarán los resultados de las actividades anteriores en un informe que incluirá sus propias conclusiones y las medidas de futuro. Tendrá en cuenta los factores medioambientales, culturales y socioeconómicos que giran en torno a la conservación de la Huerta y la idoneidad de las políticas actuales de ordenación del territorio como el Plan General Municipal de Ordenación de Murcia (PGMO).

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andaloro G., Donzelli V., Sperandeo-Mineo R.M. (1991). Modelling in Physics Teaching: The Role of Computer Simulation. *International Journal of Science Education*, 13(3), 243-254.

Lyneis, D.; Stuntz, L.N. (2007). System Dynamics in K-12 Education: Lessons Learned. Creative Learning Exchange. Acto, MA.

Martínez Fernández, J.; Esteve Selma, M.A.; Baños, I.; Carreño, F. y Moreno, A. (2013). *Dynamics and Sustainability of Mediterranean traditional irrigated lands*. En M.A. Quaddus & M. A. B. Siddique (Ed.): Handbook of Sustainable Development Planning. Studies in Modelling and Decision Support. Second Edition. Edward Elgar. Cheltenham, UK. pp. 245-274.

Martínez, J. y Esteve, M.A. (2009). *Simulación dinámica y sostenibilidad de los regadíos mediterráneos tradicionales*. II Congreso Internacional de Medida y Modelización de la Sostenibilidad. Barcelona.

Martínez, P., León, J. y Pontes, A. (1994). Simulación mediante ordenador de movimientos bidimensionales en medios resistentes. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 30-38.

Moreno, J.A. (2011). La Huerta de Murcia. Propuestas y acciones para su conservación desde la movilización ciudadana. *Revista electrónica de Patrimonio Histórico*, 9.

Ojeda, F.; Gutiérrez, J. y Perales, F.J. (2009). ¿Qué herramientas proporcionan las tecnologías de la información y la comunicación a la educación ambiental? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 6 (3), 318-344.

Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 2(1), 2-18.

Pontes, A.; Gavilán, J.; Obrero, M. y Flores, A. (2006). Diseño y aplicación educativa de un programa de Simulación para el aprendizaje de técnicas Experimentales con sistemas de adquisición de datos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 3 (2), 251-267.

Skaza, H., Crippen, K. and Carroll, K. (2013). Teachers' barriers to introducing system dynamics in K-12 STEM curriculum. *System Dynamics Review*, 29 (3), 157–169.