

MICROMUNDOS: UNA HERRAMIENTA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN INGENIERÍA

MICROWORLDS: A LEARNING TOOL ENGINEERING

Diego Alejandro Castro, Samuel Duque Álvarez y Sebastián Jaén
Universidad de Antioquia, Medellín (Colombia)

Resumen

Contribuir en la interiorización de conceptos como desarrollo, competitividad y productividad, fundamentado en el aprendizaje significativo y el constructivismo; es el resultado del proyecto “Aproximación a los conceptos de productividad, competitividad y desarrollo a partir de la Actividad Lúdico Académica (ALA)”. Este trabajo propuso la creación de un micromundo para el ámbito educativo, con el objetivo pedagógico de mejorar las condiciones sociales y económicas de una población, medidas en relación con la cobertura en salud, educación e infraestructura urbana. En el micromundo estas coberturas se logran a partir del uso de unos recursos naturales: barro, madera, agua, alimento y hierro. De esta manera se le otorga al estudiante el poder de tomar las decisiones que afectan de manera directa esta población, cuantificando su impacto y sus resultados.

Esta interacción con el micromundo le permitirá al estudiante identificar las relaciones entre los factores de desarrollo y los recursos, que facilite el aprendizaje en la elaboración de una estrategia que lo lleve a lograr un crecimiento económico sostenido en el micromundo, de la mano con un plan de desarrollo humano. Se muestra la comparación entre el resultado de dos escenarios: el primero plantea una prioridad igual para todos los factores de desarrollo; mientras que el segundo aborda una prioridad mayor a la educación. Se muestran diferencias significativas en la cobertura de los factores sociales, calculando además un Índice de Desarrollo Humano (IDH) para cada escenario.

Palabras claves: Aprendizaje activo, micromundos, desarrollo.

Abstract

Contribute to the internalization of concepts such as development, competitiveness and productivity; based on meaningful learning and constructivism; it is the result of the project “approach to the concepts of Productivity, Competitiveness and Development from the Academic Activity Playful -Ala-”. This paper

proposed the creation of a microworld for education, where the pedagogical objective is to improve the social and economic conditions of a population, measured in relation to the coverage in health, education and urban infrastructure. In the microworld these coverages are achieved through the use of some natural resources: clay, wood, water, food and iron. This way the student has the power to make decisions that directly affect the population, quantifying their impact and results.

This interaction with the microworld will enable the student to identify the relationship between developmental factors and resources, to facilitate learning in developing a strategy that will lead him to achieve sustained economic growth in the microworld, hand in hand with a of plan human development. The comparison between the results of two scenarios is shown: the first presents an equal priority for all development factors; while the second scenario stands for a greater priority to education. Significant differences are presented in the coverage of social factors while a Human Development Index (HDI) is calculated for each scenario.

Keywords: Active learning, microworlds, development.

Introducción

El ejercicio profesional del ingeniero industrial está íntimamente ligado a la generación de condiciones apropiadas para el crecimiento económico de las organizaciones en las que se desempeña. Para el desarrollo de esta labor cuenta con herramientas teórico-conceptuales vinculadas con la producción, la calidad, la logística, la administración, la investigación de operaciones, entre otras. Sin embargo, dada la realidad actual que busca la consolidación de un mundo globalizado, se considera de vital importancia que en su proceso formativo reconozca que el desarrollo humano debe ser el objetivo central de su actividad y que el crecimiento económico es un medio que podría ser esencial para promoverlo (Gustav & Stewart, 2002).

Este reconocimiento puede contribuir a que la toma de decisiones sea razonada y contemple la necesidad de construir un mundo mejor para cada uno de los seres que lo habita, teniendo en cuenta, además, que “los logros en materia de desarrollo humano pueden contribuir de manera decisiva al crecimiento económico” (Gustav & Stewart, 2002).

Para lograr estas reflexiones en el futuro profesional se requieren experiencias en el proceso formativo que le permitan vivir situaciones complejas en las que deba utilizar sus habilidades y conocimientos de manera integral, relacionándolos con el logro de un objetivo

que articule la mejora de las condiciones sociales del entorno. Esto puede llevar a que el estudiante entienda que los ambientes a los que debe enfrentarse en la vida real estarán condicionados por múltiples factores difícilmente controlables.

Para ello, se desarrolló un micromundo (Morecroft, 1988) en el que el usuario interactúa en un entorno ideal que le permite visualizar las relaciones de influencia entre educación, y desarrollo urbano. Esto dependerá de la explotación que se haga de los recursos naturales y el aprovechamiento del talento humano. Se espera que este entorno les permita a los usuarios entender de manera gradual cómo la productividad está asociada al uso adecuado de los recursos y cómo influyen en esto los modelos de desarrollo.

En este documento se empieza por explicar por qué se entiende la Actividad Lúdico Académica (ALA) como complemento del proceso de enseñanza-aprendizaje; posteriormente se justifica la presencia de un micromundo en el ámbito educativo. Para dar soporte epistemológico a esta propuesta se toma como base el constructivismo y el aprendizaje significativo, los cuales aportan al proceso de enseñanza-aprendizaje orientado a plantear reflexiones sobre el desarrollo y la productividad usando micromundo. Finalmente se expone la metodología utilizada para la construcción del micromundo y su entorno, y se esbozan los resultados.

La actividad lúdico académica como complemento del proceso de enseñanza-aprendizaje

El campo de las metodologías activas (MA) es amplio y se configura como un portafolio que incluye las dinámicas y actividades con diferentes grados de complejidad. Dentro de los métodos de complejidad mayor se encuentra el aprendizaje cooperativo-colaborativo, el aprendizaje basado en problemas (APB), el estudio de casos, el seminario de lectura y discusión o seminario alemán y otros esquemas que potencian el aprendizaje autónomo del alumno (Benito & Cruz, 2005; Martínez et al., 2007; Rodríguez et al., 2012).

Las MA pretenden que el aprendizaje sea un proceso constructivo más que receptivo (Martínez, García Sánchez et al., 2007), para contribuir a que los conocimientos y habilidades aprendidos sean significativos para el estudiante, hecho que facilita su aplicación futura en el ejercicio profesional, debido a la fácil reactivación de ellos en la red de significados construida (Ausubel, Novak et al., 1997).

Según Bruning et al. (Rodríguez et al., 2012), las MA también promueven el desarrollo de habilidades para la valoración de la dificultad de los problemas; la identificación de estrategias alternativas para comprender la información disponible y de capacidades para evaluar la adquisición de conocimiento. Otros estudios afirman que las MA le permiten al estudiante tomar conciencia y hacerse dueño de su proceso de aprendizaje (Tavera, 2000; Roselló, 2010).

Sin embargo, la construcción de nuevas propuestas educativas en el marco de las MA requiere la consideración de diversos aspectos tales como:

Las características de cada grupo en sus habilidades y conocimientos; la mirada autorreflexiva del profesor identificando sus capacidades y limitaciones; las opciones que han planteado otros; la revisión de nuestra experiencia y de nuestra propia historia; las posibilidades y límites del contexto; entre otros (Bohórquez & Corchuelo, 2005).

En este ámbito se encuentra igualmente la Actividad Lúdico Académica (ALA), que consiste en la aplicación

de juegos y otras herramientas para afianzar conceptos formales concernientes a un área específica del saber (Castro et al., 2009). Con el uso de ALA basadas en micromundos, estudiantes y profesores pueden complementar el uso de la metodología tradicional y construir, de manera gradual, reflexiones en torno a los temas de interés.

Los micromundos como herramientas de apoyo en el proceso de aprendizaje

En el marco de la inteligencia artificial se desarrolló la idea de micromundos y Seymour Papert los definió como: “un ambiente de aprendizaje interactivo sobre la base de computadoras, donde los prerrequisitos están incorporados al sistema y donde los estudiantes pueden convertirse en arquitectos activos, constructores de su propio aprendizaje” (Papert 1982). Las computadoras son un elemento importante, teniendo en cuenta que facilitan la proyección de ambientes simulados, a través de los cuales se puede explorar y aprender simultáneamente, resaltando que las computadoras tienen la capacidad de realizar un proceso de retroalimentación casi inmediato (Osorio 2005).

Pero el componente computacional no es el único a tener en cuenta. Hay otros elementos, que retoma Osorio de Hoyless y Noss (1987) que interactúan entre sí para lograr una sinergia en el proceso de aprendizaje. Estos elementos se mencionan a continuación:

- Componente técnico: Es el soporte utilizado para la ambientación -Software-
- Componente Pedagógico: Es la planeación y las actividades definidas por el profesor
- Componente Contextual: Define el ambiente social donde se desenvuelve el micromundo
- Componente Alumno: Se refiere al sujeto que aprende

La interacción entre estos elementos impacta la forma en que se genera el aprendizaje, por su relación directa con la apropiación de conocimiento por parte del estudiante.

El uso de los ambientes simulados no solo se ha masificado en el ámbito educativo (Kim 1993; Marcano Lárez 2006; Sindre, Natvig et al. 2009), sino que es

usado también para la formación y capacitación de empleados en diferentes áreas del conocimiento (Marcano Lárez 2006; Marcano Lárez 2008). A través de la reproducción de situaciones reales, se busca que el usuario interactúe con la plataforma enfrentando diferentes eventualidades que se pueden presentar en la vida real (Marcano Lárez 2008). De esta manera se logra una experiencia que genera aprendizaje, estimulando la acción y minimizando el temor al error (Gonzalez and Blanco 2008).

Con este objetivo, en el mercado se pueden encontrar diferentes plataformas de aprendizaje con fines específicos, entre las que se pueden mencionar: *CABRI-GÉOMÈTRE*, programa para abordar la geometría dinámica (Osorio 2005); *Preparing for Future Learning –PFL–*, plataforma diseñada para estudiantes de neurociencias (Schneider, Wallace et al. 2013); *Scratch*, programa desarrollado por el MIT media Lab para generar un entorno para la programación en jóvenes entre los 10 y 18 años (Malliarakis, Satratzemi et al. 2013); *The River Basin Game* y *The Globalization of Water Role Play*, son dos juegos diseñados para enseñar temas relacionados con la gestión adecuada del agua; también es importante mencionar las cabinas de vuelo, ambientes de simulación en las que se entrenan los pilotos para enfrentarlos a situaciones que se pueden presentar en la realidad.

Algunos estudios, (Valderrama 2011), (García 2005), (Etxeberria Balerdi 2001) muestran que las personas jóvenes de hoy invierten una buena parte de su tiempo en videojuegos, los cuales reconstruyen la realidad de una manera particular según el interés del público objetivo; lo que puede entenderse a su vez como micromundos. En el mercado se encuentran videojuegos para todos los gustos, para todos los estratos económicos e incluso adaptados a diferentes ámbitos culturales, por esta razón su uso es cada vez más fácil y frecuente (Esnaola Horacek and Levis 2008).

El uso de videojuegos soportados en micromundos puede brindar una poderosa herramienta de apoyo para el proceso de enseñanza aprendizaje, ya que desde la modelación de entornos ideales, se pueden diseñar diferentes escenarios de acuerdo con el nivel de conocimientos y experiencia de los jugadores

usuarios. Esto les permite desarrollar habilidades de atención, concentración, creatividad, desarrollo de estrategias y capacidad de reacción ante diferentes situaciones (Etxeberria Balerdi 2001).

El constructivismo y el aprendizaje significativo

El concepto de constructivismo sugiere que el conocimiento no se recibe pasivamente sino que, por medio de procesos de acomodación y asimilación, los individuos los construyen desde las experiencias en busca de adaptación (López Pérez, 2010). La asimilación ocurre cuando las experiencias de los individuos se alinean con su representación interna del mundo (Ausubel, Novak et al., 1997).

Esta corriente considera al estudiante como centro de la enseñanza, además de tener como principal objetivo potenciar sus capacidades de pensamiento y aprendizaje. Puede decirse, entonces, que gracias a este enfoque es más probable que el individuo conserve la información adquirida.

Dentro de la teoría del aprendizaje significativo se encuentra el enfoque de aprendizaje significativo por recepción, definido como el proceso de adquirir conocimiento, habilidades, actitudes o valores mediante el estudio, la experiencia o la enseñanza. Así se origina un cambio persistente, cuantificable y específico en el comportamiento de un individuo (Ausubel, Novak et al., 1997).

Se dice que un sujeto aprende algo cuando es capaz de atribuirle un significado; construir un significado en este contexto es integrar el nuevo material de aprendizaje a los esquemas que ya se poseen de comprensión de la realidad. Para ello se requieren unas condiciones básicas: para empezar, el estudiante debe tener una actitud positiva y el profesor debe aumentar constantemente la motivación en él. En segundo lugar, el contenido debe ser significativo desde el punto de vista lógico, y cercano al interés y experiencia del estudiante. Por último, el estudiante debe contar con los conocimientos previos adecuados, teniendo en cuenta que el nuevo conocimiento no debe adquirirse de forma arbitraria. Aquí se resalta la importancia de la estrategia metodológica, pues de ella depende que los conocimientos previos se reactiven, y los nuevos

se inserten en la red de significados del estudiante (Ausubel, Novak et al., 1997).

Con base en lo anterior, se pretende utilizar el micromundo como Actividad Lúdico Académica para generar reflexiones significativas sobre aspectos claves del desarrollo, la competitividad y la productividad.

El desarrollo

El debate en torno al desarrollo ha estado en la palestra aproximadamente desde hace dos siglos, pero se ha hecho público desde mediados de la centuria pasada (Esteva, 1996). En la actualidad es común oír hablar de la necesidad de programas de desarrollo, de la importancia de encontrar un modelo de desarrollo adecuado para la región o el país y, en algunos casos, de alternativas al modelo dominante.

La discusión acerca de visiones, proyectos y políticas de desarrollo está en la agenda de diferentes naciones y Colombia no es la excepción. Por esta razón es importante preguntarse: “¿De qué hablamos y sobre qué discutimos? ¿Por qué nos resulta tan natural hablar de desarrollo? ¿Sabemos qué es lo que este término implica, qué es lo que está detrás de las diferentes “corrientes” de desarrollo?” (Ponciano, 2008).

Al poner sobre la mesa estos cuestionamientos y discutirlos, es posible que surjan otros relacionados con modelos específicos de desarrollo que están en el centro del debate en el presente, y que cuentan con una mayor perspectiva de futuro, por ejemplo: ¿Cómo pueden modificarse los niveles de desarrollo humano en el futuro? ¿Cuáles son las tendencias a largo plazo del desarrollo humano? (Torres Solé et al., 2009). “¿Existe alguna forma de crecimiento económico que promueva el desarrollo humano, o determinadas modalidades de crecimiento económico que sean más propicias para alcanzar el desarrollo humano? (Gustav & Stewart, 2002).

Preguntas como éstas son necesarias para entender que el desarrollo se ha instalado como una manera de construir y percibir la realidad, y cómo los diversos modelos han incidido en las condiciones de vida de la comunidad que los adopta. También es importante entender la manera en que influyen en las decisiones

futuras de las naciones. Por esta razón es necesario hacer un reconocimiento a la evolución del concepto. En la primera parte del siglo XX estaba generalizado el uso del término “desarrollo urbano”, entendido como el modo de reformular el entorno de las ciudades desde la generación masiva y homogénea de espacios urbanos (Esteva, 1996).

En la década del cuarenta, el desarrollo se centró en el crecimiento económico, pero fue en 1949 con el discurso de posesión del presidente Truman que el concepto se orientó hacia el bienestar y el perfeccionamiento del género humano, apoyado por la idea naciente de “subdesarrollo” (Illich, 1996; Rist, 2002), usada para referirse a las condiciones de vida propias de los países del sur.

En 1957 el desarrollo era definido como el incremento en la producción per cápita. En 1960 las consecuencias de esta perspectiva ya preocupaban a Naciones Unidas y se planteaba la necesidad de un enfoque en el que se contemplara el desarrollo social como complemento del desarrollo económico (Esteva, 1996).

En 1970 Robert S. McNamara, presidente del Banco Mundial, reconoció públicamente que el crecimiento económico no había traído consigo un progreso satisfactorio en términos de bienestar y perfeccionamiento del género humano. A esta altura ya era evidente que el enfoque de crecimiento económico traía consigo un rápido aumento de las desigualdades (Esteva, 1996). En el transcurso de la década del setenta se experimentaron diversos enfoques de desarrollo pasando por el humano y el participativo, el de la satisfacción de las necesidades básicas, el integral, el endógeno, entre otros, que no tuvieron mayor trascendencia o encontraron gran resistencia entre los partidarios del modelo de desarrollo económico (Illich, 1996).

Aunque ya había esbozos del concepto en décadas anteriores, para finales de los ochenta e inicios de los noventa se reafirma el concepto de desarrollo sostenible, en el cual las necesidades de crecimiento del sistema económico mundial están condicionadas debido a la identificación del incremento de los desequilibrios, la existencia de límites sistémicos e impactos medioambientales (Xercavins, Cayuela et al., 2005); sin embargo, según Esteva (1996),

dicho modelo fue establecido como una estrategia para mantener las concepciones de desarrollo antes planteadas.

En esa misma década, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) realizó el primer informe sobre desarrollo humano, en el que se planteó la ampliación de las elecciones humanas relevantes y se generó un índice en función de posibilitar la comparación internacional en relación con el logro obtenido con esas elecciones. Con respecto a este último se acuñó el término Índice de Desarrollo Humano (IDH) (Xercavins, Cayuela et al., 2005), actualmente vigente.

Con estas acciones se afianzó el modelo de desarrollo humano, el cual trae consigo el debate sobre el enfoque basado en el crecimiento económico que ya desde los sesenta era cuestionado, y pone sobre la mesa preguntas como: “¿Hay alguna forma de desarrollo humano que promueva el crecimiento económico o hay tipos concretos de ese desarrollo más adecuados para promover el crecimiento?, ¿debería promoverse el desarrollo humano antes que el crecimiento económico, o podríamos postergar el logro del desarrollo humano mientras fomentamos el crecimiento económico?” (Gustav & Stewart, 2002).

Lo cierto es que el crecimiento económico, a pesar de haber sido fuertemente criticado, continúa moldeando los fundamentos de la utilización actual del término desarrollo y de su contraparte, el subdesarrollo¹. En razón del afianzamiento de este último concepto es que el enfoque de desarrollo humano ha tenido trascendencia, debido a su capacidad de vincular la renta con aspectos relacionados con lo social como la salud y la educación (García del Valle & Puerta Gil, 2008) que, por medio del IDH, le han permitido trascender el concepto de crecimiento económico, además de relacionar el desarrollo humano con la satisfacción de las necesidades fundamentales de los sujetos (Max-Neef, 1993). Sin embargo, para fortalecer el enfoque de desarrollo humano es fundamental “un análisis de las variaciones conceptuales sobre el lugar, la escala humana del desarrollo, las necesidades

humanas fundamentales y ciertas categorías para fines y objetivos educacionales” (Romero Marques, 2009). Como se puede ver, el debate en torno a los modelos de desarrollo no ha logrado llegar a un común acuerdo. No obstante, para el diseño del micromundo fue de particular interés el modelo de desarrollo humano, ya que pone a la persona y la calidad de vida en el centro del debate.

Metodología

Definidos los conceptos que soportan las relaciones entre las variables y el propósito del micromundo, a continuación se describen las metodologías empleadas para su implementación.

Problema al que el micromundo somete al usuario

El micromundo está centrado en una comunidad en la que se explotan unos recursos (madera, agua, alimentos, hierro y barro), los cuales operan como medios para el crecimiento de la sociedad por medio de unos bienes sociales como salud, educación e infraestructura urbana asociados al desarrollo. El papel del usuario está centrado en la toma de decisiones relacionadas con la inversión para mejorar la capacidad de producción de los recursos y la cobertura de los bienes sociales.

Por otra parte, el micromundo es un sistema simplificado con factores poco complejizados planteados mediante el establecimiento de relaciones causales (Aracil, 1995), que permitieron generar una hipótesis dinámica para ilustrar la naturaleza estructural del sistema, y facilitar la identificación de las variables apropiadas para el micromundo. Con este trabajo previo se pretende garantizar que el usuario establezca las relaciones de influencia entre sus factores y recursos para tomar las decisiones más convenientes. Dichas decisiones deberían estar orientadas a la búsqueda del equilibrio, para lo cual se necesita un círculo virtuoso, el cual se puede lograr si el jugador entiende que el crecimiento de los factores promueve el desarrollo humano, y éste a su vez genera más crecimiento de la producción de recursos, ya que una población más sana y educada contribuye a mejorar el desempeño económico (Gustav & Stewart, 2002). Para cada recurso y bien social se podrá incrementar, por medio de inversión, el nivel de producción o de cobertura, respectivamente; sin embargo, dicho incremento no puede hacerse de modo simultáneo

¹ Según Gustavo Esteva, el subdesarrollo constituía un espejo negativo; es decir, una afirmación de la falta de desarrollo. Los países “subdesarrollados” fueron transformados en un espejo invertido de la realidad de los industrializados: un espejo que los desvaloriza y los envía al final de la cola; un espejo que define su identidad.

si los recursos disponibles no son suficientes. Debe ser progresivo, es decir, que no se puede pasar del nivel 1 al 3 sin realizar la inversión para subir al

nivel 2. La inversión asociada a cada nivel implica unas cantidades predeterminadas de cada uno de los recursos (tabla 1).

Tabla 1. Inversión de recursos para incrementar la producción de madera

MATERIAL	NIVEL	MATERIALES					PRODUCCIÓN
		MADERA	BARRO	HIERRO	ALIMENTOS	AGUA	
MADERA	1	50	40	60	60	96	259
	2	83	67	100	100	162	387
	3	140	112	168	168	270	577
	4	234	187	280	280	452	861
	5	391	312	469	469	756	1285

Puede apreciarse que para llevar la producción de madera al nivel 2 se requieren 83 unidades de madera, 67 de barro, 100 de hierro, 100 de alimentos y, finalmente, 162 de agua, con lo cual se obtendría una producción de 387 unidades por periodo de tiempo.

Tabla 2. Inversión de recursos para incrementar la capacidad de atención en salud.

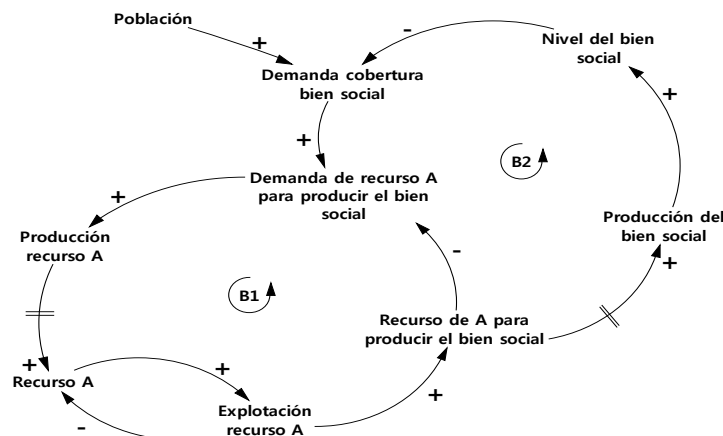
BIEN SOCIAL	NIVEL	MATERIALES					CAPACIDAD DE ATENCIÓN
		MADERA	BARRO	HIERRO	ALIMENTO	AGUA	
SALUD	1	70	90	70	20	60	134
	2	117	150	117	33	100	200
	3	196	252	196	56	168	298
	4	327	421	327	93	280	445
	5	547	704	547	156	469	665

En el caso de la salud, para llevar la capacidad de atención al nivel 3 se requieren 196 unidades de madera, 252 de barro, 196 de hierro, 56 de alimentos y, por último, 168 de agua, con lo cual se obtendría capacidad de atención para 298 usuarios.

El entorno del micromundo tiene una enorme similitud con videojuegos de estrategia conocidos; sin embargo, el valor agregado se encuentra en la orientación al campo educativo, teniendo en cuenta el desarrollo humano, que permite llevar a cabo el

proceso de enseñanza- aprendizaje de manera activa. El micromundo tiene como objetivo alcanzar el máximo desarrollo de la comunidad de una forma equilibrada y lógica, en la que se tenga en cuenta la sostenibilidad del medio ambiente. En síntesis, el micromundo plantea la situación de una comunidad que está demandando un bien social determinado (salud, educación o infraestructura urbana). Sin embargo, para la producción de este bien es necesaria la explotación de un recurso A, que constituye un insumo, como se muestra en el diagrama causal (figura 1).

Figura 1. Diagrama causal recurso-bien social.

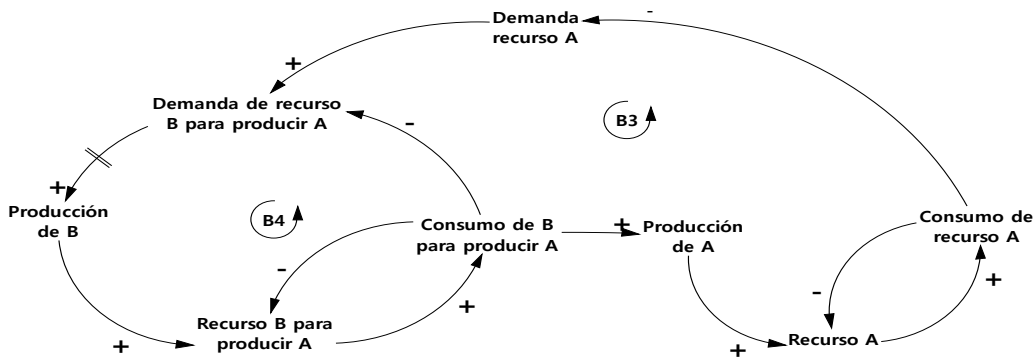


La explotación del recurso A se torna en un factor determinante para que la producción del bien social se lleve a cabo. Esta es una situación básica a la cual se le debe agregar que para producir el bien social demandado, además del A son necesarios los recursos B, C, D y E. Además, para producir A se

debe invertir ciertas unidades de B y de cualquiera de los otros recursos.

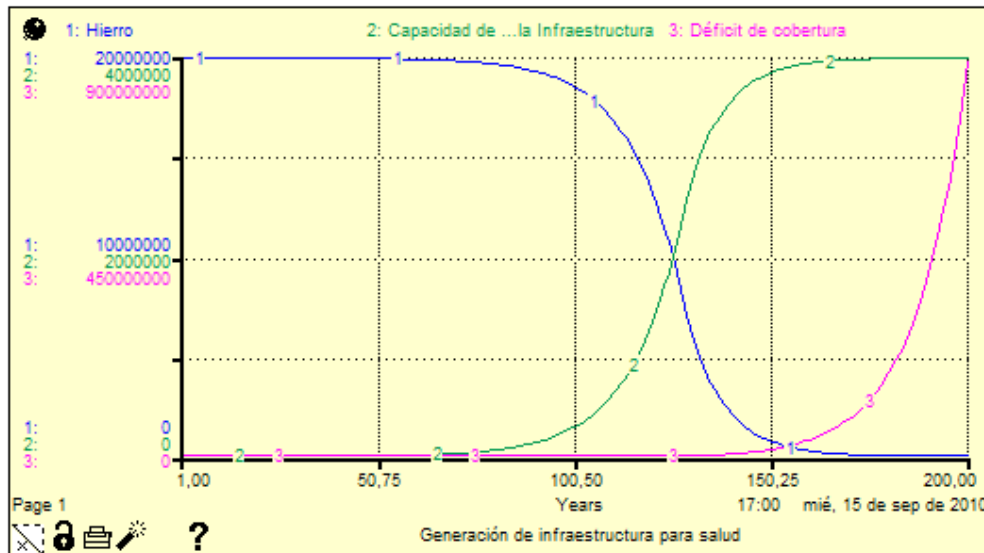
Esta situación se presenta de manera simplificada en el siguiente diagrama causal (figura 2), en el cual, para producir recurso A, se requiere el B.

Figura 2. Diagrama causal Interacción del recurso A y B



La situación hipotética planteada en el primer diagrama causal (figura 1) implica que la disponibilidad de los recursos se comporta de acuerdo con una tendencia sigmoidea (gráfica 1).

Gráfica 1. Interacción recurso, bien social, cobertura.



Resultados

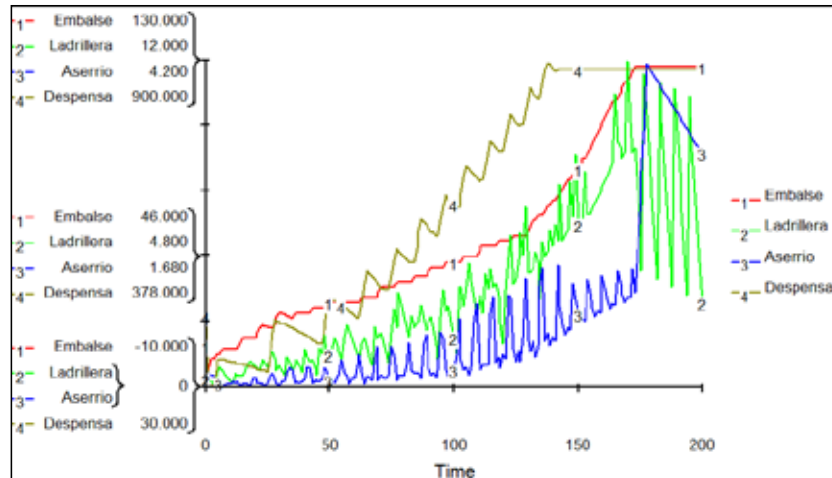
De acuerdo con el micromundo modelado, se presentan los resultados obtenidos para los

recursos explotados (agua, alimento, barro y madera) y para los bienes sociales considerados (salud, educación e infraestructura urbana), teniendo como base dos escenarios: el primero

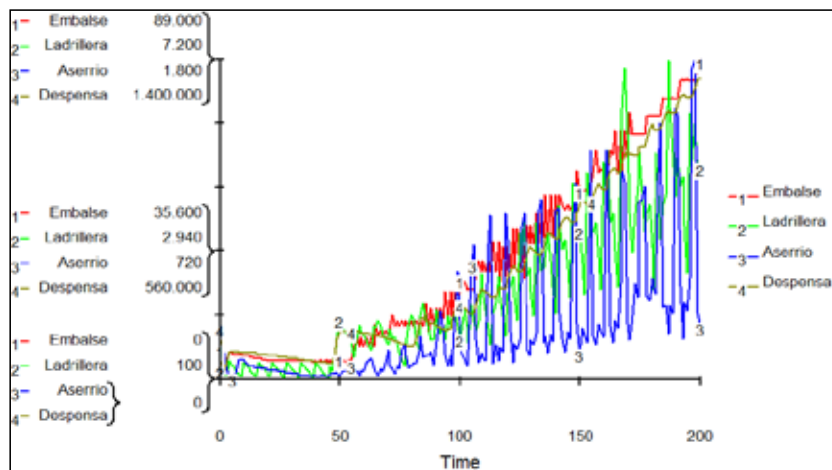
permite la explotación de recursos según las necesidades inmediatas, sin establecer ninguna prioridad; en el segundo contempla la educación como un factor que potencia el aprovechamiento de los recursos y mejora la productividad (OECD, 2013), razón por la cual se da prioridad a este tipo de inversión para identificar efectos en la explotación de recursos.

En cuanto a los recursos, el comportamiento entre los escenarios varía de manera considerable en cuanto a las cantidades de recursos requeridos para el sostenimiento de la comunidad y la generación de factores de desarrollo como salud, educación e infraestructura urbana, siendo mayores para el caso en el que la educación no está orientada a la mejora de la productividad, como se puede ver en la figura 3.

Gráfica 2. Comportamiento del consumo de recursos a lo largo del tiempo. Escenario 1.



Gráfica 3. Comportamiento del consumo de recursos a lo largo del tiempo. Escenario 2.



Al comparar los dos escenarios es evidente la disminución del consumo de recursos en el escenario 2; además, en el caso del escenario 1 se percibe el inicio del agotamiento de los recursos debido a la mayor explotación. La mejora porcentual

percibida es de 47 % en promedio (tabla 3), en cuanto a disminución de consumo de recursos, aunque se debe tener en cuenta que la relación entre el crecimiento poblacional es 11 % menor en el escenario 2.

Tabla 3. Nivel máximo de explotación de recursos por escenarios.

	Escenario 1	Escenario 2	Mejora (%)
Agua	130.000	89.000	32
Barro	12.000	7.200	40
Madera	4.200	1.800	57
Alimentos	900.000	378.000	58
Población	4.012	3.576	11

Tabla 4. Comparativo de cobertura de recursos y bienes sociales por escenario.

	Escenario 1 (%)	Escenario 2 (%)
Cobertura educación	74	100
Cobertura urbana	76	94
Cobertura salud	83	64
Cobertura barro	100	100
Cobertura madera	100	85
Cobertura agua	44	45
Cobertura alimento	60	100
Cobertura hierro	5	100
Población	4012	3576
Promedio de cobertura	68	86

Los resultados obtenidos frente a la cobertura de recursos y bienes sociales presentan una mejora de 18 puntos porcentuales en total. Se debe considerar que para el escenario 2 el incremento de la infraestructura educativa es prioritario, y ello genera efectos positivos en bienes sociales como educación e infraestructura urbana; en los recursos aplica para hierro, alimento y agua; de igual manera se regula en crecimiento poblacional. Sin embargo, en cuanto a salud y cobertura del recurso maderero se aprecian disminuciones para las cuales es necesario realizar estudios posteriores.

Al valorar el Índice de Desarrollo Humano simplificado (tomando el ingreso con un valor de 1) en los dos escenarios, se obtiene una mejora importante en el segundo escenario, al pasar de un IDH de 0,407 como el de Malí, ubicado en nivel bajo entre los 12 últimos países de los 187 contemplados en el *ranking* mundial, a un IDH de 0,595 que estaría ubicado en un nivel medio, por encima de la India, en el puesto 135, es decir, una mejora de 19 puntos dentro del IDH y 40 puestos en el *ranking*, en un periodo aproximado de 50 años.

Discusión

En un mundo cada vez más interrelacionado e interdependiente, la educación debe evidenciar y entrenar para abordar esta realidad, ya que por medio de ella se contribuye al crecimiento económico y social (Max-Neef, 1993; Gustav & Stewart, 2002), y se aporta a la sostenibilidad (Xercavins, Cayuela et al., 2005), lo que genera también el crecimiento de la productividad (OECD, 2013).

Para aportar a este fin, los micromundos se presentan como herramientas que ofrecen laboratorios para la experimentación y el aprendizaje de esta realidad de una manera sistemática (Kim, 1993; Marcano Lárez, 2006; Marcano Lárez, 2008; Sindre, Natvig et al., 2009). Pese a la gran popularidad que en su momento tuvieron los micromundos (Morecroft, 1988), se necesitan más propuestas para abordar las nuevas realidades y necesidades de aprendizaje.

En este trabajo se ofrece una propuesta que permite la interacción de los estudiantes con entornos de aprendizaje basados en micromundos y ALA como

herramientas que permitan mejorar el aprendizaje, aspecto necesario en los procesos de formación, así como se contempla por universidades tan importantes como el MIT en el campo de la programación (Malliarakis, Satratzemi et al., 2013). Por su parte, Forrester (1994) defiende la creación y simulación de escenarios, desde la dinámica de sistemas, que usan micromundos por considerar que contribuyen al rigor y claridad en el marco del pensamiento sistémico, y aportan en la comprensión del comportamiento dinámico del problema, la evaluación de políticas alternativas, y la elección de la mejor política para implementarla posteriormente.

El uso de la dinámica de sistemas proporciona una fundamentación cuantitativa que permite que los análisis y las consecuencias de las acciones no se presenten en abstracto, y se pueda reversar el curso de decisiones que llevaron a un resultado (Forrester, 1994), además de brindar soporte para la toma dinámica de decisiones en el cambiante mundo real (Forrester, 1994; González, Vanyukov et al., 2005). El uso de herramientas como los micromundos en dinámica de sistemas aportan para que el aprendizaje se torne dinámico, experimental y vivencial, complementando lo conceptual y buscando potenciar el aprendizaje significativo (Ausubel, Novak et al., 1997).

Referencias

- Aracil, J. (1995). *Dinámica de sistemas*. Madrid: Gráficas Marte S.A.
- Ausubel, D., Novak, J. et al. (1997). *Psicología educativa: un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
- Benito, A. & Cruz, A. (2005). *Nuevas claves para la docencia universitaria en el espacio europeo de educación superior*. Madrid: Narcea.
- Bohórquez, F. & Corchuelo, M. (2005). Currículo y pedagogía en perspectiva. *Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa, Iered*, pp. 1-14.
- Castro, D., Barrientos, L. M. et al. (2009). Jugando a entender el desarrollo: un modelo en dinámica de sistemas. Memorias del III Simposio Internacional de Ingeniería Industrial. Actualidad y nuevas tendencias.
- Esnaola Horacek, A. & Levis, D. (2008). La narrativa en los videojuegos: un espacio cultural de aprendizaje socioemocional. *Revista Electrónica Teoría de la Educación*, 9(3), pp. 48-68.
- Esteve, G. (1996). *Desarrollo. Diccionario del desarrollo: una guía del conocimiento como poder*, pp. 52-78. New Jersey: Zed Books Ltd.
- Etxeberria Balerdi, F. (2001). Videojuegos y educación. *Teoría de la Educación*, 2(2), pp. 1-28.
- Forrester, J. W. (1994). System dynamics, systems thinking, and soft OR. *System Dynamics Review*, 10(2-3), pp. 245-256.
- García del Valle, T. & Puerta Gil, C. (2008). Comparación temporal del desarrollo mediante un índice cuantitativo. *Revista de Economía Mundial*, 18, pp. 105-114.
- García, F. (2005). Videojuegos: un análisis desde el punto de vista educativo.
- González, C., Vanyukov, P. et al. (2005). The use of microworlds to study dynamic decision making. *Computers in Human Behavior*, 21, pp. 273-286.
- González, K. & Blanco, F. (2008). Videojuegos: una herramienta educativa del “homo digitalis”. *Revista Electrónica Teoría de la Educación*, pp. 76-92.

Conclusiones

La interacción con el micromundo puede abrir las puertas para discutir sobre diferentes concepciones de desarrollo y brindar un espacio de reflexión en torno a la necesidad de encontrar opciones para conocer y utilizar los recursos naturales, económicos y humanos, los cuales deben ser apreciados desde una visión integradora, que permita comprender sus interrelaciones y generar reflexiones sobre el papel del profesional en la consolidación de las condiciones de vida de la comunidad. Por otro lado, los micromundos evidencian características importantes para la mejora de los procesos educativos por permitir el acercamiento a entornos más reales en los cuales el estudiante puede poner a prueba sus conocimientos y desarrollar habilidades para la toma dinámica de decisiones, evaluando por sí mismo la efectividad de sus intervenciones en el sistema.

Agradecimientos

Este proyecto se adelantó con recursos del Comité para el desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia.

- Gustav, R. & Stewart, F. (2002). Crecimiento económico y desarrollo humano en América Latina. *Revista de la Cepal*, 7 (8), pp. 7-24.
- Illich, I. (1996). Necesidades. Diccionario del desarrollo: una guía del conocimiento como poder, pp. 157-175. New Jersey: Zed Books Ltd.
- Kim, D. H. (1993). The link between individual and organizational learning. *MIT Sloan Management Review*, 35(1), pp. 37-50.
- López Pérez, R. (2010). Para una conceptualización del constructivismo. *Rev. Mad*, 23 (septiembre), pp. 25-30.
- Malliarakis, C., Satratzemi, M. et al. (2013). A holistic framework for the development of an educational game aiming to teach computer programming. University of Macedonia, pp. 359-369.
- Marcano Lárez, B. E. (2006). Estimulación emocional de los videojuegos: efectos en el aprendizaje. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 7(2), pp. 127-140.
- Marcano Lárez, B. E. (2008). Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital. *Revista Electrónica Teoría de la Educación*, 9(3), pp. 93-107.
- Martínez, B. C., García Sánchez, J. N. et al. (2007). Valoración docente de las metodologías activas: un aspecto clave en el proceso de convergencia. *Aula Abierta*, 35(1-2), pp. 49-62.
- Max-Neef, M. (1993). *Desarrollo a escala humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Santiago de Chile: Nordan-Comunidad.
- Morecroft, J. D. W. (1988). System dynamics and micro-worlds for policymakers. *European Journal of Operational Research*, 35(3), pp. 301-320.
- OECD (2013). *Economic Surveys Colombia: Economic Assessment*. París: OECD.
- Osorio, V. (2005). Un micromundo para el estudio del paralelismo con triángulos y cuadriláteros en la escuela secundaria. *Educación Matemática*, pp. 77-104.
- Papert, S. (1982). *Desafío a la mente. Computadoras y educación*. Buenos Aires: Galápagos.
- Ponciano, K. (2008). ¿Tiene historia el “desarrollo”? *Revista Futuros*, 6(20).
- Rist, G. (2002). *El desarrollo: historia de una creencia occidental*, pp. 2-3. Madrid: Los Libros de la Catarata.
- Rodríguez, K., Maya, A. et al. (2012). Educación en ingenierías: de las clases magistrales a la pedagogía del aprendizaje activo. *Ingeniería y Desarrollo*, 30(1), pp. 125-142.
- Romero Marques, H. (2009). Desarrollo local a escala humana. *Polis*, 8(22), pp. 137-158.
- Roselló, M. (2010). La aplicación de metodologías activas para la enseñanza de las ciencias jurídicas a estudiantes de primer curso. *RJIE*, 1, pp. 95-106.
- Schneider, B., Wallace, J. et al. (2013). Preparing for future learning with a tangible user interface: the case of neuroscience. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, pp. 117-129.
- Sindre, G., L. Natvig, et al. (2009). Experimental validation of the learning effect for a pedagogical game on computer fundamentals. *IEEE Transactions on Education*, 52(1), pp. 10-18.
- Tavera, F. (2000). El trinomio interactivo conocimiento-profesor-alumno y su relación con la calidad de la enseñanza de la ingeniería. En *La calidad de la enseñanza de la ingeniería ante el siglo XXI*, pp. 43-47. México D.F.: Limusa.
- Torres Solé, T. & Allepuz Capdevila, R. (2009). El desarrollo humano: perfiles y perspectivas futuras. *Estudios de Economía Aplicada*, 27(2), pp. 545-562.
- Valderrama, A. (2011). Videojuegos y educación, explorando aprendizajes entre adolescentes (tesis de maestría). Guadalajara, Jalisco, México.
- Xercavins, J., Cayuela, D. et al. (2005). El concepto de desarrollo sostenible. *Desarrollo sostenible*, pp. 75-77. Barcelona: Ediciones UPC.

Sobre los Autores

Diego Alejandro Castro

Docente Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de Antioquia
alejandro.castro@udea.edu.co

Samuel Duque Álvarez

Estudiante de Ingeniería Industrial Universidad
de Antioquia
samuel.duque@udea.edu.co

Sebastián Jaén

Docente Departamento de Ingeniería Industrial,
Universidad de Antioquia.
jjaen@udea.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.