

DESARROLLO DE UN VIDEOJUEGO PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE TRAGEDIA DE LOS COMUNES EN CURSOS DE INGENIERÍA

DEVELOPMENT OF A VIDEOGAME FOR TEACHING THE CONCEPT OF TRAGEDY OF THE COMMONS IN ENGINEERING COURSES

Eric Castañeda Gómez, Carolina Castañeda Pérez, Simón Betancur Gómez, Julieth Mirency Giraldo Marín
Universidad de Antioquia, Medellín (Colombia)

Resumen

Este trabajo presenta la experiencia en la formulación, desarrollo y aplicación del videojuego educativo Lancel'anzuelo®, que simula la toma de decisiones de cuatro compañías pesqueras que compiten por rendimientos financieros en el golfo de Urabá. El juego recrea conceptos asociados con administración responsable y sostenible de los recursos y enriquece el aprendizaje de los participantes mediante la discusión sobre las decisiones tomadas, los logros obtenidos y su impacto en el medio ambiente.

En el desarrollo de esta aplicación se utilizó la dinámica de sistemas para establecer los parámetros iniciales del videojuego. Posteriormente se reconstruyó el modelo utilizando los lenguajes de programación adecuados para lograr una aplicación apta para varios equipos de jugadores en red. Se realizaron aplicaciones del juego con población estudiantil de los cursos de Investigación de Operaciones y Administración del programa de Ingeniería Industrial en las modalidades presencial y virtual, de los que se extraen los resultados de análisis para este trabajo. Luego se realizaron 127 aplicaciones más, en cursos de varias universidades y programas académicos con resultados similares.

Palabras claves: aprendizaje activo, dinámica de sistemas, juegos educativos, tragedia de los comunes, desarrollo sostenible.

Abstract

This paper describes the experience of formulation, development and application of the educational videogame Lancel'anzuelo®, which simulates the making decision process of four fishing companies located in the Uraba's Gulf that compete for reaching financial returns. These game show concepts related to responsible and sustainable management of resources and enrich the learning of the participants by the discussion about their decision making process, achievements in the game and impact on the environment.

System Dynamics Simulation was used for setting the parameters of the videogame, then the model was implemented in the adequate programming language to make possible that several players can play the game online at the same time. Lancel'anzuelo was applied to the students belong to Operations Research and Management courses of the Industrial Engineering undergraduate program not only in presence but in virtual mode. This game has been played in several universities and academic programs with similar results.

Keywords: active learning, system dynamics, educational games, tragedy of the commons, sustainable development.

Introducción

El videojuego Lancel'anzuelo® surge como un aporte al aprendizaje activo para mejorar la experiencia educativa lograda con el juego *Fish Banks*® que Dennis L. Meadows desarrolla en 1993 mediante el proyecto The Fishing Game, basado en el concepto de “La tragedia de los comunes” desarrollado por Garrett Hardin en 1968 (Ruiz-Pérez et al., 2011). Ésta se aplica de forma presencial con máximo seis equipos y mínimo dos. La trama de la actividad es administrar una compañía pesquera durante varios periodos, operando inicialmente una pequeña flota de barcos, que puede ir aumentando a medida que el juego avanza, allí se hace necesaria la toma de decisiones basada en los datos. El objetivo principal es maximizar los beneficios financieros, de acuerdo con la información que se suministra al iniciar la lúdica. Al final, gana la compañía que obtenga la mayor utilidad.

En este juego se tratan principalmente los temas de desarrollo sostenible y la toma de decisiones, e implica el reconocimiento del concepto desarrollado por Garrett Hardin (Van Long et al., 2012), el cual se deriva de la toma de decisiones racionales e individuales de los sujetos involucrados en explotación de recursos naturales u otros que, enfocados por el logro de rendimientos independientes, no consideran las restricciones al crecimiento y actúan con base en supuestos que desestiman restricciones limitantes de los recursos del sistema, los cuales al final son llevados al agotamiento. Otros conceptos abordados son la dinámica de sistemas, los flujos de dinero, la estrategia empresarial y el trabajo en equipo. Conceptos que forman parte de los cursos Investigación de Operaciones, Administración I y II, y que pueden ser reforzados desde la aplicación,

dado que implican interacción entre los agentes involucrados (Voinova et al., 2010).

La necesidad de mejorar la aplicación surge luego de las siguientes situaciones presentadas con la ALA Fish Banks®: las demoras en la manipulación para el administrador en el momento de aplicar la lúdica, las salidas de información de difícil comprensión para los agentes, lo que no permite una adecuada interacción entre los jugadores y se restringe netamente para llevar a cabo la lúdica de manera presencial.

Por lo anterior, se presenta una propuesta para el desarrollo de un videojuego educativo con el fin de lograr un ALA dinámica y flexible en su jugabilidad. El aplicativo diseñado se basa, además, en los hallazgos de un trabajo anterior que analiza esta ALA desde la perspectiva de la teoría de juegos (Castañeda-Pérez et al., 2010).

La construcción de la aplicación Lancel'anzuelo® es una iniciativa pionera para simular un entorno que estimule el uso de conceptos relacionados con algunos componentes curriculares de la Ingeniería Industrial vinculados con la racionalización en el uso de los recursos y el logro de resultados con responsabilidad social y ecológica.

Marco teórico

La pertinencia de la educación está dada en función de la calidad de los contenidos que ofrecen las instituciones formativas, los requisitos de la sociedad para mantener el desarrollo esperado y la cantidad de personas que puedan acceder a la educación (Dieleman et al., 2006). Así, las instituciones de educación superior asumen la tarea de actualizar

permanentemente las metodologías de enseñanza-aprendizaje para garantizar mayor efectividad en la forma de construir y aplicar el conocimiento de forma eficiente y sostenible (Juárez-Nájera et al., 2006). Pero la ampliación en la cobertura ha llevado a las universidades, en especial a las públicas, a responder con recursos escasos para llegar a grupos poblacionales que antes no tenían acceso a la educación superior, lo que implica crear estrategias apoyadas en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) (Cabero Almenara, 2005; Rodríguez Serrano et al., 2012) y las actividades lúdico académicas (ALA) que apoyan a la didáctica magistral (Fitzpatrick et al., 2012), tradicional en el proceso de formación.

Las ALA son elementos didácticos que mejoran el aprendizaje, útiles para afianzar conceptos formales de un área específica mediante experiencias significativas, definiendo nuevas estructuras mentales (González-González et al., 2012). Algunas de ellas permiten simular situaciones específicas de ambientes reales en las que el aprendizaje se consolida mediante la atribución de significados y la construcción de modelos mentales para asociar los conceptos y fenómenos que se pretende conocer, desde el sujeto que da el significado a lo que conoce (Juárez-Nájera et al., 2010). El uso de metodologías que activan el aprendizaje, vinculando conocimientos teóricos con diferentes tipos de práctica, es fundamental en un modelo de formación de educación superior que reconoce al estudiante como centro del proceso educativo integral, al adquirir saberes específicos asociados a su profesión, además de habilidades y destrezas para aplicarlos.

La inmersión del estudiante en un ambiente lúdico de aprendizaje es una alternativa viable de apoyo al proceso tradicional de enseñanza-aprendizaje, dado que el entorno simulado mejora la comprensión de conceptos (Cabero Almenara, 2005), y la relación docente-estudiante, en la cual la interacción comunicativa entre los participantes es el eje articulador.

La educación en ingeniería no dista de este contexto. Según la Ley 842 de 2003 que modifica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería y sus profesiones afines y auxiliares, ésta se define como:

...toda aplicación de las ciencias físicas, químicas y matemáticas; de la técnica industrial y en general, del ingenio humano, a la utilización e invención sobre la materia.

Según la definición anterior, la ingeniería tiene una vocación aplicativa que, debido a sus amplias ramas, le permite influir en la sociedad y sus transformaciones. Por esto, el proceso educativo que forma a los futuros profesionales debe asegurar que éstos puedan tomar el conocimiento adquirido y convertirlo en ideas creativas que impacten su entorno con la debida responsabilidad que esto conlleva (Rodríguez Serrano et al., 2012).

Metodología y desarrollo

Inicialmente se realizó una revisión detallada de las fortalezas y debilidades del aplicativo Fish Banks® en su versión sincrónica presencial, se analizó el proceso de toma de decisiones en el transcurso del juego y las conclusiones posteriores. Luego se seleccionaron aspectos que requerían modificaciones y se exploraron propuestas sobre posibilidades de funcionamiento en un esquema de videojuego. Se detectó la necesidad de utilizar simulación dinámica de sistemas (Voinova et al., 2010) como mecanismo para evaluar opciones que enriquecieran el videojuego. Una vez se obtuvieron se establecieron opciones y parámetros, se procedió a diseñar y programar la primera versión del aplicativo web. Se realizaron pruebas de funcionamiento y estabilidad del videojuego para finalmente implementarlo con estudiantes de Ingeniería Industrial.

Para darle un contexto real al videojuego se eligió el golfo de Urabá (Antioquia) para desarrollar la trama. Se seleccionó este lugar por su ubicación geográfica en la costa y porque la pesca es una de sus actividades económicas principales. Posteriormente, se recolectó información sobre la actividad pesquera propia del golfo de Urabá con la ayuda de varias instituciones como la Corporación Autónoma del Urabá (Corpourabá), la Universidad de Antioquia Seccional Urabá, la Cooperativa de Pescadores de Capurganá (Pescapur), el puerto pesquero y comercial y turístico de Turbo y los mercados de pesca de Capurganá, Apartadó y Turbo.

Luego se definieron los tipos de embarcación que se considerarían en el juego de acuerdo con la información suministrada, estos tipos son: chalupa, lancha y barco pesquero. La chalupa es una pequeña embarcación que puede navegar en la costa cercana, allí los métodos usados son el anzuelo y la atarraya. La lancha es una embarcación mediana y se utiliza principalmente en la pesca con trasmallo; el anzuelo y la atarraya se utilizan eventualmente, cuando se detectan bancos de pargo u otras especies que habitan a profundidad media. Los barcos pesqueros son naves de gran envergadura; el método más utilizado de pesca es el trasmallo de dimensiones mayores, la atarraya y el anzuelo se usan de forma esporádica.

Entre las especies de peces más cosechadas y comercializadas se tienen: la sierra, el róbalo y el pargo rojo. Las zonas más representativas de pesca en el golfo de acuerdo con las asociaciones de pescadores existentes son Necoclí, ubicado al noreste del golfo, Turbo al sudeste, Bocas del Atrato al suroeste y Acandí, al noroeste. Dichos lugares son los utilizados como representación de los puntos de pesca en el juego.

Con el fin de comprender las relaciones causales entre los parámetros y variables que componen el juego se plantea un modelo en dinámica de sistemas que da cuenta de su comportamiento (Voinova et al., 2010). Este modelo se desarrolló en el *software Ithink®* (v 9.1.3.).

Se definen tres tipos de elementos para el modelo:

- **Conjunto (Conj):** colección de objetos referentes a una misma dimensión. Ejemplo: peces, barcos y zonas de pesca.
- **Parámetro (Par):** valores constantes fijados a voluntad para garantizar el comportamiento esperado del modelo. Ejemplo: tasa de natalidad, tasa de morbilidad y capacidad de pesca.
- **Variables (Var):** valores que fluctúan a través del paso de la simulación y que son el objeto principal de observación. Ejemplo: cantidad de peces, cantidad de barcos y capacidad real de pesca.

Con estos elementos definidos, el modelo de dinámica de sistemas creado tiene la siguiente estructura:

- **Ciclo de vida de los peces.** Se tendrán en cuenta tres especies de peces: la sierra, el pargo y el róbalo. Inicialmente se define un banco de peces, cada especie se clasifica en peces pequeños y grandes. La población inicial para cada tipo de especie es uno de los parámetros por calcular mediante la simulación. Además de la población inicial, las especies cuentan con una tasa de natalidad definida, cantidad de peces en edad reproductiva, tasa de mortalidad según su estado de crecimiento y un periodo de vida. La relación de todas estas variables permite establecer el periodo de vida de cada especie (figura 1).

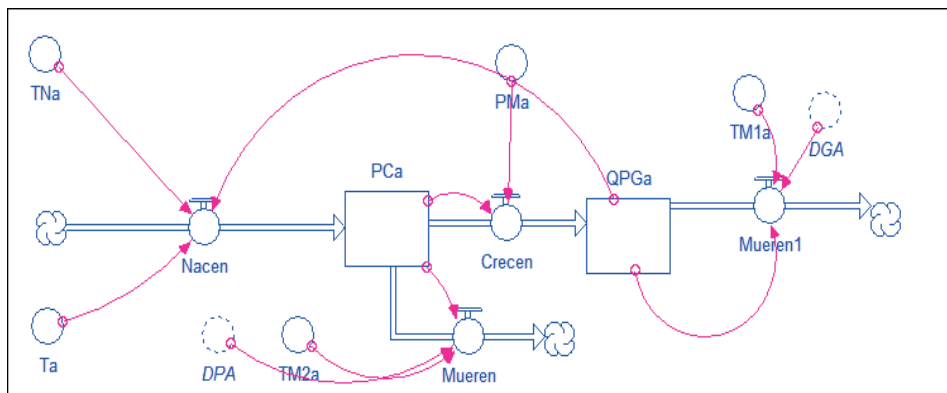


Figura 1. Ciclo de vida de los peces

En la tabla 1 se encuentra la definición de parámetros y variables utilizados en el ciclo de vida de los peces, con la notación utilizada en los modelos.

Tabla 1. Notación y descripción de las variables y los parámetros del ciclo de vida de los peces.

Notación	Descripción	Tipo
$Peces$	Conjunto de especie de peces, indexado en j	Conj
QPG_j	Cantidad de peces en edad G de la especie j	Var
PC_j	Cantidad de peces en edad P de la especie j	Var
TN_j	Tasa de natalidad de la especie j	Par
$TM1_j$	Tasa de mortalidad en edad G de la especie j	Par
$TM2_j$	Tasa de mortalidad en edad P de la especie j	Par
PT	Población total de peces	Var
PM_j	Periodos que tarda la especie j en madurar	Par
DP_j	Peces P de la especie j pescados por turno	Var
DG_j	Peces G de la especie j pescados por turno	Var
T_j	Población límite de la especie j	Par

- Compra y venta de embarcaciones.** Los jugadores tendrán la opción de adquirir tres tipos de embarcaciones (barco pesquero, chalupa y lancha), las cuales tendrán una capacidad de pesca definida, un porcentaje de éxito en la pesca y una función de probabilidad referente a la probabilidad de pescar cada tipo de especie.

Existen tres formas de adquirir las naves: compra a un equipo rival, compra en subastas y compra en un astillero. La única forma de disminuir la flota de barcos es vendiendo embarcaciones. En la figura 2 se observa este proceso para la embarcación X –barco pesquero- el cual es análogo para los otros dos tipos de embarcaciones.

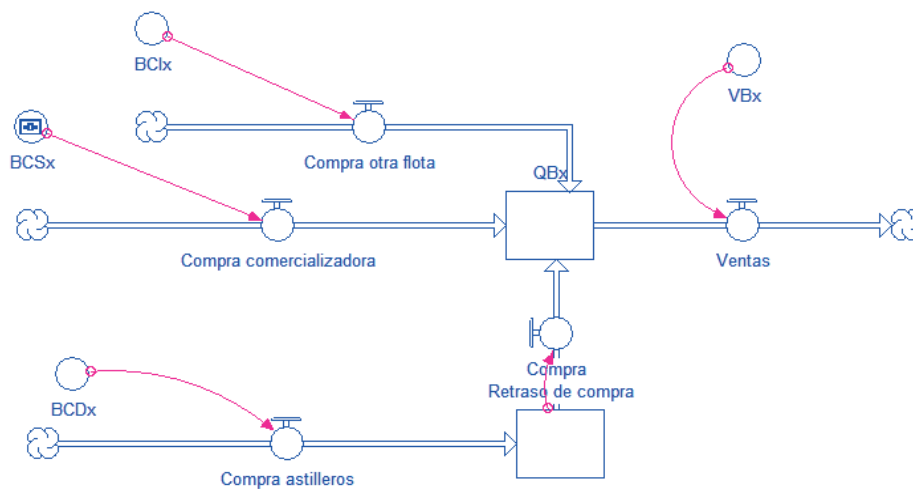


Figura 2. Compra-venta de embarcaciones

En la tabla 2 se encuentra la definición de parámetros y variables utilizados en la compra y venta de embarcaciones.

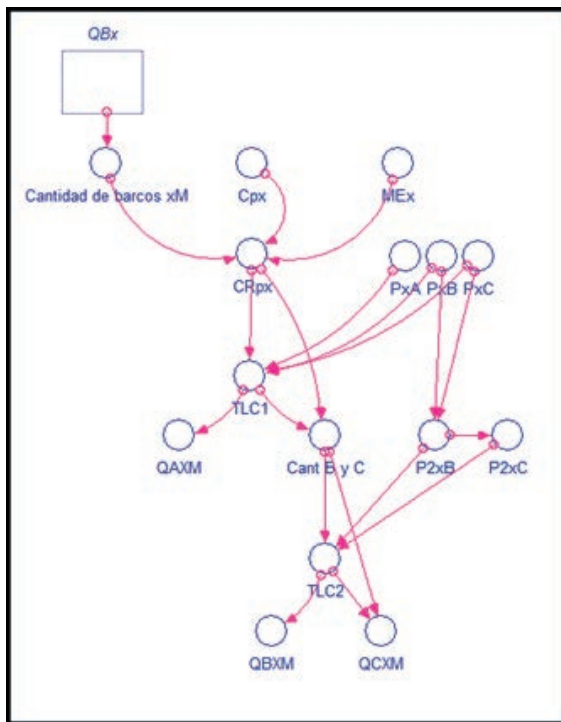
Tabla 2. Notación y descripción de las variables y los parámetros de la compra y venta de embarcaciones

Notación	Descripción	Tipo
$Bar\ cos$	Conjunto de tipo de barcos, indexado en i	Conj
VB_i	Venta de barcos tipo i	Var
BCI_i	Barcos tipo i comprados a otra flota	Var
BCS_i	Barcos tipo i comprados a comercializadora	Var
QB_i	Cantidad de barcos tipo i	Var
BCD_i	Barcos tipo i comprados a astilleros	Var

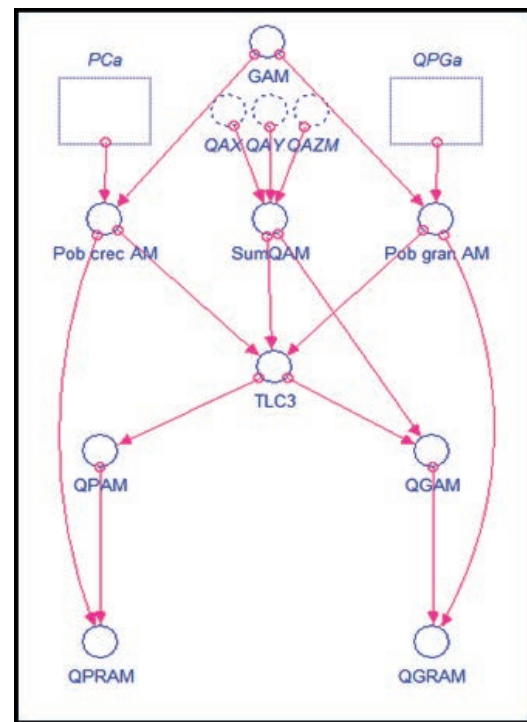
- Proceso de pesca.** Se enfoca en la cantidad de peces por especie que puede capturar cada tipo de embarcación en las zonas disponibles. Para definir esto se utilizan parámetros como la cantidad de barcos del tipo i , la capacidad de cada barco y el margen de eficacia de la pesca,

para definir la capacidad real, luego se hace una categorización por especie, con base en la probabilidad de éxito de éstas en cada zona y un proceso de selección con comportamiento multinomial. En la figura 3a se muestra este proceso para la embarcación “barco pesquero X” en la zona M. Este proceso es igual para todo tipo de embarcación y cada zona de pesca.

Luego de determinar la cantidad pescada por barco de cada especie y zona, es necesario definir la cantidad correspondiente a cada uno de los estados de crecimiento, situación modelada mediante una aproximación normal a la distribución binomial, con el fin de saber cuántos de estos peces son pescados por turno de juego, para alimentar los flujos de mortalidad de cada especie, la relación de las variables y parámetros utilizados en este proceso que se muestra en la figura 3b.



a. Proceso de pesca para las embarcaciones.



b. Proceso de pesca por especie.

Figura 3. Proceso de pesca

En las tablas 3 y 4 se encuentran la definición de parámetros y variables utilizados en el proceso de pesca y su complemento.

Tabla 3. Notación y descripción de las variables y los parámetros del proceso de pesca

Notación	Descripción	Tipo
$Zonas$	Conjunto de zonas de pesca	Conj
QB_i	Cantidad de barcos tipo i	Var
Cp_i	Capacidad de pesca barco i	Par
CRp	Capacidad real de pesca	Var
ME_i	Margen de eficacia barco i	Var
P_{ij}	Probabilidad del barco i de pescar especie j	Par
Q_{ijk}	Cantidad de especie j por sacar del barco i en el lugar k	Var
TLC	División de la distribución multinomial en 2 binomiales.	Var

Tabla 4. Notación y descripción de las variables y los parámetros del segundo proceso de pesca

Notación	Descripción	Tipo
Q_{ijk}	Cantidad que saca el barco i de la especie j en el lugar k	Var
QPG_j	Cantidad de peces en edad G de la especie j	Var
PC_j	Cantidad de peces en edad P de la especie j	Var
$SumQ_{jk}$	Sumatoria de las cantidades de peces de la especie j sacados por en la zona k	Var
QP_{jk}	Cantidad de peces P de la especie j a sacar en la zona k	Var
QG_{jk}	Cantidad de peces G de la especie j a sacar en la zona k	Var
QPR_{jk}	Cantidad de peces P de la especie j en la zona k sacados en el turno	Var
QGR_{jk}	Cantidad de peces G de la especie j en la zona k sacados en el turno	Var
G_{jk}	Porcentaje de la especie j ubicado en la zona k	Par

Con el fin de modelar un comportamiento que se asemeje a la realidad, se articularon los módulos anteriormente descritos y se realizó la simulación integrada que corrió con base en los parámetros y variables iniciales. Para efectos de estabilizar el videojuego, se realizaron ajustes a los parámetros de modo que todos los tipos de especies, con características de crecimiento diferente, tuvieran ciclos de vida en los que alcanzaran un estado estable, con la presencia de un número moderado de embarcaciones.

Estos comportamientos se ven alterados ante la presencia de nuevas embarcaciones en el juego. No obstante, es posible lograr la sustentabilidad de las tres especies manejando los crecimientos poblacionales que se dan periodo a periodo. Además, las altas tasas de depredación causadas por el aumento gradual de embarcaciones hacen que el recurso ictiológico se agote.

Una vez construido el modelo de dinámica de sistemas se programó el videojuego, para lo cual se

utilizaron las siguientes aplicaciones: Actionscript 3.0® (Adobe, 2010), edición de código: IDE Flashdevelop® (Main page - Flashdevelop, 2010); teniendo en cuenta las metodologías ágiles de programación, para la edición gráfica se utilizó *Inkscape*® (Inkscape. Draw Freely) y GIMP. El diseño del videojuego está basado en Fish Banks®, por lo que comparte sus fines educativos y características generales. La localización geográfica de la situación que se simula en el juego es un factor importante para el aprendizaje, dado que se localiza en el golfo de Urabá, lo cual implica modificaciones notables al juego original. El jugador puede comprar embarcaciones de tres tipos, cada uno de ellos con características y precios diferentes. Las embarcaciones pescan tres clases de peces, cuyos precios de venta varían por kilo; todos los rasgos son muy cercanos a la realidad. Son cuatro compañías pesqueras por juego.

Para sortear las dificultades del juego de mesa y ampliar sus características, se implementan las siguientes mejoras: fácil adquisición y ubicación de barcos, información relativa al balance general y estadísticas de pesca, rápida creación de juegos y mejor control de ellos (para el administrador), toma de decisiones por turnos y con cadencia controlada, diferente del juego de mesa en el cual cada periodo depende de quien lo aplica; y para que no se necesite una presencia constante, definición de un entorno real para el desarrollo del juego (golfo de Urabá) y múltiples tiempos de toma de decisiones.

El videojuego Lancel'anzuelo® tiene capacidad para cuatro equipos, cada uno de los cuales administra

una compañía pesquera y toma decisiones de compra y ubicación. Igualmente deben decidir entre dos zonas de pesca denominadas costa y mar profundo, identificadas por su distancia al litoral, cada una con parámetros diferentes de pesca. Cada equipo posee una ventana de tiempo para tomar las decisiones que su compañía ejecutará en el próximo trimestre o turno, teniendo en cuenta que debe hacerse antes de que éste acabe. Cuando el turno finaliza, se inicia el nuevo trimestre y se generan los datos del turno anterior.

Las compañías pesqueras se ubican en uno de cuatro municipios: Necoclí, Turbo, Bocas del Atrato y Acandí. Dependiendo de la cantidad de compañías se usan de dos a cuatro de estos municipios. Existen dos ventanas principales, una vista global aérea del golfo, donde se muestran los municipios, las zonas de pesca, las compañías y los barcos que pueblan las zonas de pesca de éstas, además de la vista de la compañía, donde el jugador toma las decisiones.

Como se observa en la figura 7, el jugador cuenta con una interfaz que muestra el turno activo (trimestres transcurridos) y el tiempo restante con que cuenta antes del próximo turno. Además, cuenta con unos globos informativos sobre el estado técnico del juego, como sincronizando o actualizando, una tabla de posiciones que indica el disponible monetario acumulado de las compañías, y una corona sobre la compañía que se halla en el primer puesto de la tabla de posiciones. En la figura 8 aparece la interfaz que muestra la vista de la compañía donde están los íconos que guían al jugador para que tome las decisiones.



Figura 7. Vista global aérea del golfo de Urabá



Figura 8. Vista de la compañía para la toma de decisiones

Cada uno de los íconos dispuestos en esta interfaz despliega las ventanas sobre las cuales se pueden tomar las respectivas decisiones del turno, o hacer seguimiento a los resultados obtenidos como consecuencia de decisiones anteriores.

En la ventana de estado financiero reposan los resultados de la captura de cada especie para el turno de avance y se especifica la localización. Así mismo, arroja el ingreso por venta de peces con el costo operativo asumido. En la ventana de estadísticas se pone en evidencia el comportamiento del balance de cada compañía a través de los turnos; así mismo, muestra la captura de las especies una a una en todos los periodos. Además, según el capital disponible, en la ventana “Mercado de embarcaciones”, cada compañía tiene la libertad de realizar un pedido de barcos para el periodo siguiente. En “Subasta”, tipo cerrado, la crea el administrador con ocurrencia definida para cada juego, con un precio base y una cantidad de embarcaciones específica. En “Posicionamiento de embarcaciones”, cada compañía ubica sus barcos en las zonas de puerto, costa y mar profundo. Finalmente, en “Noticias el administrador” se genera información sobre el tipo de clima y la temperatura pronosticada para el periodo.

El videojuego se validó en su primera versión mediante 45 eventos controlados, distribuidos en tres bloques, con los parámetros definidos en la etapa de modelación mediante dinámica de sistemas. Con el perfil de jugadores se identificó el

cumplimiento de los comportamientos esperados. En el primer bloque de eventos se realizaron juegos de control, en los que las acciones de los jugadores estaban moderadas por cursos de acción. En el segundo bloque se desplegaron estrategias de acción autónomas para las compañías participantes. En el bloque final se comprobó la estabilidad del aplicativo ante estrategias extremas de los jugadores.

Resultados

El videojuego Lancel'anzuelo® se aplicó en seis ocasiones, con cuatro equipos en cada una de ellas, entre mayo y junio de 2011, en una población estudiantil de 112 personas. Los estudiantes participantes estaban en un nivel de avance igual o superior al 60% de su programa académico en Ingeniería Industrial y los equipos variaron de tamaño entre dos y nueve integrantes.

El objetivo del juego se plantea de la siguiente manera: “Al final de los 12 trimestres, gana la compañía que alcance la mayor cercanía con las expectativas del inversionista”, que en este caso fue la recuperación del capital en los primeros ocho trimestres y la obtención de una suma igual como utilidad en los cuatro trimestres finales.

Las aplicaciones se realizaron de acuerdo con el siguiente protocolo: (i) La programación del juego se pactó con ocho días de anticipación; se les solicitó a los estudiantes organizarse por grupos y definir papeles. (ii) Se les dio a conocer la información completa del juego con tres días de anticipación a

la aplicación. (iii) Se programaron aplicaciones de dos horas, es decir, doce periodos de diez minutos cada uno. (iv) Al final de cada aplicación se dieron a conocer las estadísticas globales y detalladas de las poblaciones de peces y los recursos financieros disponibles de las compañías. (v) Se les otorgaron cinco días después de la aplicación para preparar y presentar sus informes individuales y colectivos en los formatos requeridos. (vi) A partir de los informes, se realizaron foros para discutir los

resultados financieros obtenidos por las compañías y los impactos ambientales derivados del ejercicio; se definió de forma colectiva e individual la promulgación de los ganadores del juego. (vii) En la semana siguiente se realizó una entrevista corta al 5% de los estudiantes que participaron.

Luego de las seis aplicaciones, la “tragedia de los comunes” se alcanzó entre los trimestres cinco y nueve. Los resultados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados de las aplicaciones del videojuego

Curso	Total de participantes	Periodos	Resultados financieros				Autoevaluación individual			
			Ganó		Perdió		Ganó		Perdió	
			Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
Administración I (grupo 1)	30	6	18	60	12	40	4	13	26	87
Administración I (grupo 2)	37	7	27	73	10	27	3	16	34	84
*Administración I	8	5	6	75	2	25	0	0	8	100
Administración II	12	6	6	50	6	50	1	8	11	92
*Investigación de operaciones (aplicación 1)**	25	5	9	36	16	64	6	24	19	76
*Investigación de operaciones (aplicación 2)	25	9	19	76	6	24	2	4	23	96
Total	112		76	68	36	32	10	9	102	91

* Corresponde a los cursos pertenecientes a la modalidad virtual.

** La aplicación 1 en el curso de Investigación de Operaciones no se tiene en cuenta en el total

Es importante resaltar que con base en los resultados financieros obtenidos por las compañías pesqueras, un 68% de los estudiantes se declaró como parte de un equipo ganador del juego, dada la solvencia económica y la cercanía a las expectativas del inversionista. No obstante, un 32% de los estudiantes declaró no haber logrado cumplir con las expectativas financieras. La mayoría de estos casos se dio por la magnitud de las pérdidas dadas al ignorar los efectos del exterminio de las especies.

Luego de la entrega de informes finales se discutieron los resultados en foros presenciales y virtuales. Las preguntas generadoras giraron en torno a comprender si ante una situación de tragedia ecológica como la lograda era posible declarar un ganador. El 91% de los estudiantes reconoció la tragedia de los comunes y conceptuó que no era posible que alguna empresa o sujeto reclamara el título de ganador ante los

resultados generales obtenidos; no obstante, el 9% sostuvo una postura ganadora, argumentando a su favor que en su papel de empresarios cumplieron el cometido de generar excedente monetario, y que sobre los impactos ambientales la responsabilidad de alertar y regular era externa a su competencia. Indicaron que aún dadas las circunstancias de tragedia ecológica se declaraban como ganadores del ejercicio de aplicación.

Discusión

Durante el juego los estudiantes no reconocen el riesgo de exterminio de alguna o todas las especies de peces. Al notar los datos de pesca en cero a medida que avanzaban los trimestres, los participantes argumentaban causas como mala suerte, mal clima, entre otras; pero en ningún momento expresaron

preocupación significativa por el desarrollo sostenible hasta llegar a la sección de discusión, después del juego, cuando reflexionaron en torno a esta temática y se estableció que Lancel'anzuelo le hace al jugador analizar cómo sus acciones influyen en su entorno (Juárez-Nájera et al., 2006).

En las seis aplicaciones se encontró que por lo menos un integrante asumió la iniciativa de ser vocero e interlocutor entre los equipos y sus estrategias para establecer un plan de actuación colectivo; sin embargo, en ningún caso tuvo éxito la iniciativa integradora, dada la resistencia de los grupos a compartir la información sobre sus decisiones. No se presentaron estrategias colaborativas; cada compañía trabajó por sus intereses individuales y basaron las decisiones en información imperfecta e incompleta sobre sus competidores. Esto confirma los hallazgos según los cuales en un juego de roles aplicado a compañías pesqueras en Colombia y Tailandia, éstas tienden a actuar individualmente aun reconociendo que usufructúan un recurso no renovable y que es común para el beneficio público (Castillo et al., 2011).

Así mismo, los jugadores identifican la influencia de la forma en la que fluye la información para tomar decisiones, que hubiera podido beneficiar al sector pesquero completo y no a una compañía en particular, además de evitar el desgaste de los recursos naturales, dado que pudieron establecer políticas conjuntas para controlar el funcionamiento de las compañías, reconocer que el recurso en juego era común y que debían apoyarse mutuamente para administrarlo, como se evidencia en el trabajo de Ruiz-Pérez et al. (2011) donde se encuentra que los jugadores de Fish Banks son renuentes a seguir normas sobre los recursos naturales dada su desconfianza con sus competidores y con las instituciones gubernamentales, por lo que tienen un comportamiento egoísta.

Luego de discutir los informes, la mayoría de los estudiantes reconoce haber vivido de forma cercana la experiencia de tomar decisiones y observar los resultados que se obtienen cuando la competencia se da entre varios agentes en un mismo entorno. Particularmente, reconocen que fue una experiencia grata que permite identificar las graves dificultades que existen para afrontar el

trabajo en equipo en los grupos y la comunicación estratégica entre las compañías. Algunas declaraciones se hacen en torno a la dificultad para identificar el contexto y sus restricciones; otras sobre la dificultad para lograr negociaciones con las demás compañías y aprovechar las posibilidades que brindan las alianzas (Juárez-Nájera et al., 2010).

Un hallazgo significativo es que la toma de decisiones estuvo fundamentada en la intuición, en acciones empíricas y emocionales, a pesar de que el juego se realizó en el contexto académico, donde se conoce la existencia precedente de componentes teóricos y herramientas numéricas de apoyo.

Los resultados obtenidos fueron altamente satisfactorios en cuanto a los aspectos de interés esperados con el aplicativo, como son la facilidad de juego (*jugabilidad*), el desempeño del aplicativo y las reflexiones generadas por parte de los estudiantes frente al concepto de tragedia de los comunes, situación que se logró en las seis aplicaciones fruto de las decisiones tomadas. Para conocer algunas de las experiencias vividas con la aplicación de Lancel'anzuelo el lector interesado puede ir al enlace: <https://sites.google.com/site/proyectolancelanzuelo/home>.

Conclusiones

La aplicación de la ALA Lancel'anzuelo frente al modelo Fish Banks®, juego que inspiró esta iniciativa, permitió una interacción más dinámica por parte de los estudiantes y descentralizó procesos de registro y entrega de información a los equipos jugadores. Además, enfrentó a los estudiantes a una reflexión más amplia en torno a lo que implica administrar recursos que no son de propiedad exclusiva y cómo cada una de sus decisiones tiene un impacto en el entorno y no sólo en el rendimiento de sus propias compañías.

El proceso de toma de decisiones no estuvo supeditado a la información entregada de forma anticipada en la trama del juego. Esto se evidenció en las preguntas realizadas a lo largo de él, la forma empírica en la que tomaron las decisiones y la comprensión de la trama hasta antes de la discusión.

Un elemento llamativo en varias intervenciones de los estudiantes, que se evidencia en el informe final, es su cuestionamiento sobre la teoría aprendida en la academia y la dificultad de apelar a ella para su aplicación en la realidad simulada en que participaron. Esto muestra que el juego no sólo es capaz de recrear un ambiente en el que la toma de decisiones y la administración de recursos se tratan específicamente, sino que hace reflexionar al estudiante sobre su proceso de aprendizaje, el perfil profesional que quiere alcanzar y cómo los demás cursos del pregrado le aportan a éste.

Es común ver que los participantes cotejan la emoción y el enfoque vividos con lo que sucede en la realidad, y en este mismo sentido evalúan que las decisiones tomadas no obedecen, frecuentemente, a un uso adecuado de la información disponible.

Las pruebas realizadas muestran la capacidad de *Lancel'anzuelo* para capturar la atención de los usuarios, de manera que éstos apliquen conceptos aprendidos en diversas asignaturas. Aun así, el *software* tiene posibilidades de ser mejorado en aspectos como estética, musicalización, conceptos y aumento de variables decisorias.

Otra mejora sería la implementación de un chat que permita la comunicación entre los usuarios con el fin de compartir información, planear estrategias y obtener una visión más global de la situación simulada. La interfaz para el administrador puede ser más intuitiva y eficiente, y la aplicación podría ser administrada por los mismos jugadores con la posibilidad de variar parámetros en los rangos permitidos.

Agradecimientos

Agradecemos a los ingenieros de sistemas Juan Felipe Morales, Daniel Isaza Mejía y Santiago del Valle por su valiosa colaboración en la programación y validación del videojuego y a los integrantes del grupo Ludens de la Universidad de Antioquia por su ayuda en las aplicaciones realizadas. Igualmente a la Universidad de Antioquia por el apoyo financiero mediante el proyecto MC09-1-03. También agradecemos la información suministrada por las siguientes entidades: Corporación Autónoma del Urabá (Corpourabá), Universidad de Antioquia seccional Urabá, Cooperativa de Pescadores de Capurganá (Pescapur), el puerto pesquero, comercial y turístico de Turbo y los mercados de pesca de Capurganá, Apartadó y Turbo.

Referencias

- Cabero Almenara, J. (2005). Las TIC y las universidades: retos, posibilidades y preocupaciones. *Revista de la Educación Superior*, 34(3), 77-100.
- Castañeda-Pérez, C., & Giraldo Marín, J. (2010). Fish Bank: una aproximación desde la teoría de juegos. *Ingeniería Industrial: actualidad y nuevas tendencias*, 77-88.
- Castillo, D., Bousquet, F., Janssen, M. A., Worrapiumphong, K., & Cardenas, J. C. (10 de mayo de 2011). Context matters to explain field experiments: Results from Colombian and Thai fishing villages. (R. Costanza, Ed.) *Ecological Economics*, 2011(70), 1609-1620.
- Dieleman, H., & Huisingh, D. (2006). Games by which to learn and teach about sustainable development: exploring the relevance of games and experiential learning for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 14(9-11), 837-847.
- Fitzpatrick, J., & Kostina-Ritchey, E. (2012). Relevance-based Teaching Techniques: an overview of options and assessment of one technique. *Procedia - Social and Behavioral Sciences: 4th World Conference on Educational Sciences (WCES-2012) 02-05*, 46, 2424-2433.
- González-González, C., & Blanco-Izquierdo, F. (2012). Designing social videogames for educational uses. *Computers & Education*, 58(1), 250-262.
- Juárez-Nájera, M., Dieleman, H., & Turpin-Marion, S. (2006). Sustainability in Mexican Higher Education: towards a new academic. *Journal of cleaner production*, 14, 1028-1038.
- Juárez-Nájera, M., Rivera-Martínez, J. G., & Hafkamp, W. A. (2010). An explorative socio-psychological model for determining sustainable behavior: Pilot study in German and Mexican Universities. *Journal of Cleaner Production*, 18(7), 686-694.
- Rodríguez Serrano, K. P., Maya Restrepo, M. A., & Jaén Posada, J. S. (2012). Educación en Ingenierías: de las clases magistrales a la pedagogía del aprendizaje activo. *Ingeniería y Desarrollo*, 30(1), 125-142.
- Ruiz-Pérez, M., Franco-Múgica, F., González, J., Gómez-Baggethun, E., & Alberruche-Rico, M. (2011). An institutional analysis of the sustainability

- of fisheries: insights from FishBanks. *Ocean & Coastal Management*(54), 585-592.
- Van Long, N., & McWhinnie, S. F. (2012). The tragedy of the commons in a fishery when relative performance matters. *Ecological Economics*, 81, 140-154.
- Voinova, A., & Bousque, F. (2010). Modelling with stakeholders. *Environmental Modelling & Software*, 25(11), 1268-1281.

Sobre los autores

Eric Castañeda G.

Administrador de empresas, especialista en Alta Gerencia y ,magister en Educación de la Universidad de Antioquia. Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Antioquia.
Calle 67 N.º 53-108 Of. 21-435 Medellín, Colombia.
industrialnivell@gmail.com

Carolina Castañeda P.

Ingeniera industrial de la Universidad de Antioquia, docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia y estudiante de la maestría en Ingeniería de la misma universidad.

Calle 67 N.o 53-108 Of. 21-435 Medellín, Colombia.
carolina.cp08@gmail.com

Julieth Giraldo

Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad de Antioquia y del Politécnico de Turín en Italia.
Calle 67 N.º 53-108 Of. 21-435 Medellín, Colombia.
miyugiraldo@gmail.com

Simón Betancur

Ingeniero Industrial de la Universidad de Antioquia.
Calle 67 N.o 53-108 Of. 21-435 Medellín. Colombia.
sbetancurgomez@gmail.com

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