

Un modelo analítico para caracterizar recursos tecnológicos basados en contenidos científicos

An analytical model to characterize technological resources based on scientific contents

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Leticia García Romano¹ y Maricel Occelli¹

¹Grupo EDUCEVA CienciaTIC. Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, CONICET. Vélez Sársfield 299. CP 5000, Córdoba. Argentina.

E-mail: leticia.garcia@unc.edu.ar

(Recibido el 1 de marzo de 2019; aceptado el 21 de mayo de 2019)

Resumen

Este artículo presenta un modelo analítico destinado a la caracterización de recursos tecnológicos mediadores de procesos educativos en ciencias. El mismo fue desarrollado a partir del análisis secundario de seis investigaciones llevadas a cabo por integrantes del grupo de investigación EDUCEVA-CienciaTIC. El modelo propone cinco dimensiones de análisis con sus respectivas categorías e indicadores. Las dimensiones son: Técnica (idiomas, requisitos de conexión a Internet, posibilidad de acceso abierto, dispositivos, tamaño de descarga, número de descargas, información al usuario en la pre-descarga); Multimedia (iconografía, audio, acceso a otros recursos, herramientas didácticas, grado de multimodalidad); Ambiente Virtual (grado de realismo y *usabilidad*); Contenido (contenidos que permite abordar, calidad del contenido, aspectos epistemológicos y lingüísticos) y Cognitiva (interactividad, grado de retroalimentación, procesos cognitivos, colaboración). Se considera que el modelo tiene potencial para el desarrollo de investigaciones documentales que pretendan describir este tipo de recursos y para la selección de recursos y elaboración de propuestas didácticas mediadas por tecnologías de la información y la comunicación en el marco de la educación en ciencias.

Palabras clave: Recursos tecnológicos; Educación científica; Modelo; Dimensiones de análisis; TIC.

Abstract

This paper presents an analytical model for the characterization of technological resources which mediate educational processes in science. This model was developed by the secondary analysis of six previous studies carried out by some members of the research group EDUCEVA-CienciaTIC. The model proposes five analytical dimensions: Technical (languages, Internet connection requirements, possibility of open access, devices, download size, number of downloads, user information provided before the download); Multimedia (iconography, audio, access to other resources, didactic tools, level of multimodality); Virtual Environment (level of realism, usability); Content (contents which the resource allows to teach, content quality, epistemological and linguistic elements) and Cognitive (interactivity, level of feedback, cognitive processes, collaboration). It is considered that the model has potential for the development of documentary research aiming at describing these kinds of resources and for the selection of resources and the preparation of didactic proposals mediated by information and communication technologies in science education.

Keywords: Technological resources; Science education; Model; Analytical dimensions; ICT.

I. INTRODUCCIÓN

La integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los procesos educativos de ciencias naturales permitió el desarrollo de una línea de investigación e innovación didáctica que se ha consolidado en los últimos años (Escobar y Buteler, 2018; Lin y otros, 2018; Valeiras, 2018; Iturralde y otros, 2017). Dentro de este campo, una cuestión que ha recibido gran interés es el estudio de las características que presentan diferentes recursos o herramientas tecnológicas como mediadoras de los procesos educativos de ciencias (Khamis y Abdalla, 2018; Zawacki-Richtera y Latchemb, 2018; Kalogiannakis y

Papadakis, 2017; Ouariachi y otros, 2017; Oliveira y Galembeck, 2015). Así se han generado diversos instrumentos con categorías e indicadores para el análisis de recursos específicos permitiendo su evaluación y caracterización según diferentes perspectivas. Estas publicaciones orientadas desde el análisis de contenido ofrecen herramientas analíticas que podrían resultar de interés para diversos campos, sin embargo, esta información se encuentra dispersa en artículos específicos.

Particularmente, desde el grupo de investigación EDUCEVA (Educación en Ciencias y Entornos Virtuales de Aprendizaje) CienciaTIC hemos desarrollado diferentes instrumentos para la caracterización de estos recursos orientados a temáticas científicas específicas. En este artículo, a partir de la comparación y contrastación de los aportes realizados en cada trabajo, presentamos un modelo analítico integrador de nuestras propuestas previas a través de la delimitación de categorías y sus correspondientes indicadores como herramientas para la construcción de conocimiento en este campo. En consideración de la gran cantidad de recursos existentes y de los que sin duda se desarrollarán en los próximos años, se sostiene el valor de presentar un modelo analítico a partir de la definición de dimensiones, categorías e indicadores que permitan el análisis de sus características, tanto para el desarrollo de investigaciones de corte documental cuyo objetivo sea el de describir estos recursos, como para seleccionar recursos y elaborar propuestas didácticas que planteen la integración de las TIC en las aulas de ciencias.

II. REFERENTES TEÓRICOS

La integración de las TIC en los procesos educativos de ciencias naturales ha promovido el desarrollo de numerosos estudios y experiencias didácticas constituyéndose en una línea de investigación e innovación en el campo de la didáctica de las ciencias en la cual participan diversos grupos de investigación tanto a nivel internacional como regional (Lin y otros, 2018; Iturralde y otros, 2017).

Las TIC pueden ser entendidas como herramientas basadas en los principios de la digitalización y de conexión en red, que ofrecen diversas formas de comunicación (Cebrián de la Serna y Gallego Arrufat, 2011). Desde nuestra perspectiva teórica, concebimos a las TIC como herramientas con las cuales es posible pensar, imaginar y crear, asumiendo a los seres humanos como personas que piensan con y a través de ellas en colectivos constituidos por humanos-con-medios (Borba y Villarreal, 2005). Esta perspectiva propone entender al aprendizaje como un proceso social y en el cual se ponen en juego diferentes “medios”, es decir, herramientas, instrumentos, dispositivos, artefactos u objetos tecnológicos (materiales o simbólicos) (Villarreal y Borba, 2010). Así, las tecnologías, en función de las oportunidades cognitivas que ofrezcan, pasan a tener un lugar como mediadoras de los procesos epistémicos y, por lo tanto, resulta de especial interés el estudio de sus potencialidades.

Ahora bien, hablar de la integración de TIC en la educación abarca un conjunto de desarrollos tecnológicos a los cuales podemos acceder a través de diferentes dispositivos. En este artículo nos enfocaremos en los recursos que ofrecen las computadoras de escritorio (PC), los dispositivos móviles (*notebooks*, *netbooks*, *tablets* y teléfonos celulares) con conexión a Internet o sin ella, y en especial en las simulaciones entendidas desde un concepto amplio. Las simulaciones pueden ser definidas como los programas computacionales que proporcionan una representación dinámica del funcionamiento de un sistema o proceso determinado (de Jong y Van Joolingen, 1998; Fiolhais y Trindade, 2003; Seoane y otras, 2015). En función de ello, hemos identificado diferentes recursos que siguen los principios de las simulaciones y que pueden clasificarse como: simulaciones propiamente dichas (*simulations*); laboratorios virtuales (*virtual labs*); videojuegos (*videogames*) (Occelli y García Romano, 2018a). A continuación, presentamos una breve delimitación conceptual de cada uno de ellos.

Las *simulaciones propiamente dichas (simulations)* representan un fenómeno o proceso natural basado en sus principios científicos y permiten realizar mediciones en tiempo real de situaciones simuladas ofreciendo respuestas inmediatas. Algunas de ellas pueden incluir presentaciones gráficas de los datos, facilitando así lectura, análisis e interpretaciones rápidas (Fiolhais y Trindade, 2003). Al interactuar con estos desarrollos, se ofrece la oportunidad de que el estudiantado realice aproximaciones o modele fenómenos mediante objetos dinámicos, imágenes o animaciones, modifique variables, exprese puntos de vista, formule preguntas, prediga resultados, plantee hipótesis, diseñe experiencias, realice mediciones, analice resultados y construya explicaciones (Bouciguez y Santos, 2010).

Los *laboratorios virtuales (virtual labs)* representan de forma gráfica e interactiva el contexto de un laboratorio y permiten el desarrollo de ensayos o actividades experimentales. Ante una situación predefinida por el programa y dependiendo del grado de interactividad que ofrezca el laboratorio, cada usuario puede plantearse preguntas, experimentar, manipular variables, contrastar resultados y volver a preguntarse. A su vez, permiten la presentación de situaciones que serían irreproducibles en un ambiente educativo ya sea porque idealizan las condiciones experimentales, presentan situaciones que requieren equipos muy complejos o representan procesos peligrosos (Martínez-Jiménez y otros, 2003).

Los *videojuegos (videogames)* simulan situaciones basadas en una historia estructurada desde un guion con personajes determinados en el cual uno de ellos es la persona que juega. Este guion es una combinación de cuatro cuestiones: las decisiones de quienes diseñaron el juego; las formas en que cada jugador o jugadora hace que dichas decisiones se desplieguen; las acciones que quien juega lleva a cabo como uno de los personajes principales de la historia y su propia proyección imaginativa sobre los personajes, la trama y el mundo de la historia (Gee, 2004). Se pueden identificar dos tipos de videojuegos: los serios y los de entretenimiento. Los videojuegos serios fusionan un propósito no vinculado al entretenimiento (serio) con la estructura de un juego (Escobar y Buteler, 2018). Dentro de este tipo se incluye a una gran diversidad de desarrollos diseñados con propósitos “serios” como por ejemplo para el entrenamiento (militar, aviación, etc.), la política, la religión, el ambiente, la cultura, la salud, la educación, etc. (Djaouti, Álvarez y Jessel, 2011). Por su parte, los videojuegos de entretenimiento son construidos con propósitos recreativos. Sin embargo, también pueden utilizarse con propósitos serios (educativos), en estas situaciones son los y las docentes quienes crean un escenario (serio) para el uso del videojuego de entretenimiento (Gee, 2004).

Además, en los últimos años se han desarrollado una gran cantidad de *aplicaciones móviles (apps)* para la enseñanza de las ciencias, las cuales se centran en aspectos como la ubicuidad, la accesibilidad, la conectividad, entre otras cuestiones (Herrera y Fennema, 2011) y, en algunos casos, integran las características de simulaciones mencionadas precedentemente.

Se presenta a continuación la metodología utilizada para concretar la comparación y contrastación de las propuestas y su posterior integración en el modelo analítico propuesto.

III. METODOLOGÍA

Se realizó un análisis secundario de seis artículos de investigación del grupo EDUCEVA-CienciaTIC. Dicho análisis secundario buscó recuperar los elementos comunes de las distintas investigaciones, así como destacar, caracterizar y problematizar las categorías predominantes y abrir la discusión a nuevos caminos de indagación (Gunel y otros, 2007). En la tabla I se presentan los artículos analizados, organizados por orden cronológico y con el detalle de los recursos que analizan.

TABLA I. Recursos analizados y referencias bibliográficas correspondientes.

Recursos analizados	Referencias bibliográficas
Laboratorios virtuales	Piassentini, M.J. y Occelli, M. (2012). Caracterización de laboratorios virtuales para la enseñanza de ingeniería genética. En García Romano, L., Buffa, L., Liscovsky, I., Malin Vilar, T (compil.). <i>Memorias de las X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología</i> . Córdoba: ADBiA.
Aplicaciones móviles	Martínez, G., Mir, F. y García Romano, L. (2017). Caracterización de aplicaciones móviles para la enseñanza y el aprendizaje de la anatomía humana. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , número extraordinario, 1597-1603.
Unidades didácticas con distintas simulaciones	Mermoud, S.R., Ordoñez, C., García, L. (2017). Potencialidades de un entorno virtual de aprendizaje para argumentar en clases de ciencias en la escuela secundaria. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 14(3), 587–600.
Videojuegos	Occelli, M. y Malin Vilar, T. (2018). Los videojuegos: ¿un problema de distracción o una oportunidad para aprender? En Occelli, M., García Romano, L., Valeiras, N. y Quintanilla Gatica, M. (compil.). <i>Las Tecnologías de la Información y la Comunicación como Herramientas Mediadoras de los procesos educativos. Volumen I: Fundamentos y Reflexiones</i> . Santiago de Chile: Bellaterra. Sociedad Chilena de Didáctica, Historia y Filosofía de las Ciencias.
Aplicaciones móviles	Malbrán Barros, A., Rodríguez, C. y García Romano, L. (2019). The Potential of Genetics Mobile Apps to be Used in Secondary Schools in Argentina. <i>13th ESERA Conference</i> (en prensa).
Aplicaciones móviles	Maldonado Vélez, Z., Torres, R. y García Romano, L. (2019). Characterizing the Educational Potentials of Mobile Applications Related to Ecology. <i>13th ESERA Conference</i> (en prensa).

IV. MODELO PARA EL ANÁLISIS DE RECURSOS TIC PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

El proceso realizado permitió integrar diferentes aspectos identificados para el análisis, redefinirlos y construir un modelo analítico a partir de dimensiones generales que incluyen categorías e indicadores según el caso. A continuación, presentaremos cada una de las dimensiones definidas, su discusión teórica y los principales aportes teóricos y empíricos que brindan.

A. Dimensión Técnica

Refiere a los aspectos de instalación y uso general de la herramienta, permite reconocer los dispositivos tecnológicos con los cuales se puede utilizar, el público al cual está dirigido y la audiencia cubierta hasta el momento del análisis (tabla II). Para este aspecto tomamos aportes de todas las publicaciones analizadas y, en particular, aquí se destacan los componentes identificados para el estudio de las aplicaciones móviles ya que incorporan información referida a la audiencia (Martínez y otros, 2017; Malbrán Barros y otras, 2019; Maldonado Vélez y otras, 2019). En la figura 1 se ejemplifica la información que brindan dos apps de anatomía humana, mientras ambas tienen un tamaño de descarga similar, la primera de ellas (a) tiene un número de descargas significativamente mayor que la segunda (b).

TABLA II. Categorías e indicadores de la dimensión técnica.

DIMENSIÓN TÉCNICA	
Idioma/s	Idiomas en los cuales se encuentra disponible la herramienta.
Requisitos de conexión	Necesidad de conexión a internet para su utilización o la posibilidad de descargar para su uso sin conexión a internet.
Posibilidad de acceso abierto	Necesidad de comprar una licencia o posibilidad de uso libre y gratuito.
Dispositivos	Elementos tecnológicos que permiten su descarga o utilización.
Tamaño de descarga	Indicación del tamaño expresado en Megabytes.
Número de descargas	Se informa la cantidad de veces que ha sido descargada para su utilización.
Información al usuario en la pre descarga	<i>Alta:</i> explicita a qué usuarios va dirigida la herramienta, su objetivo, los recursos que ofrece, las características multimediales y cómo se presenta el contenido.
	<i>Media:</i> explicita a qué usuarios va dirigida, las características multimediales y cómo se presenta el contenido, pero no define objetivos.
	<i>Baja:</i> describe las características multimediales, pero no hace referencia a cómo se presenta el contenido y los recursos con que cuenta la herramienta.

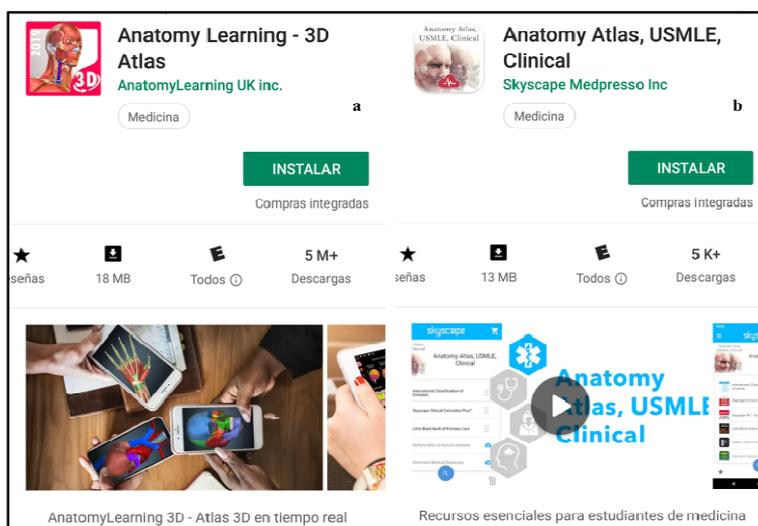


FIGURA 1. Tamaño de descarga y número de descargas de dos apps de Anatomía Humana. a) Anatomy Learning - 3D Atlas, desarrollador por Anatomy Learning UK Inc. (Fuente: Google Play Store) y b) Anatomy Atlas, USMLE Clinical, desarrollado por Skyscape Medpresso Inc. (Fuente: Google Play Store).

B. Dimensión Multimedia

Refiere a los aspectos de instalación y uso general de la herramienta, permite reconocer los dispositivos tecnológicos con los cuales se puede utilizar, el público al cual está dirigido y la audiencia cubierta. Esta dimensión refiere a los medios en los que se presenta y desarrolla el contenido, considerando tanto la presencia de texto como iconografía, animación y sonido y, la relación entre estas diversas modalidades (Mayer, 2009). En particular queremos destacar aquí la posibilidad de establecer gradientes de multimodalidad tal como lo realizamos para el caso específico de los laboratorios virtuales (Piassentini y Occelli, 2012) y como se ejemplifica en la figura 2. En esta figura se ilustra un gradiente decreciente de multimodalidad en laboratorios virtuales de ingeniería genética: “a” tiene el grado más alto ya que presenta imagen, animación, sonido y texto de modo combinado y “c” es el más bajo por carecer de alguno de estos medios o de la interacción entre ellos. Por último, también se analiza la vinculación con otros recursos o sitios web y el desarrollo de herramientas didácticas específicamente generadas para la integración del recurso en diseños didácticos (tabla III).

TABLA III. Categorías e indicadores de la dimensión multimedia.

DIMENSIÓN MULTIMEDIA	
Iconografía	Presencia de texto o imágenes. Tipos de imágenes que se introducen: en dos dimensiones (2D) o tridimensionales (3D), estáticas o animadas.
Audio	Presencia de audio; relación entre el audio, el texto o la imagen; objetivo del audio (brindar información, ambientar, etc.)
Acceso a otros recursos	Posibilidad de conexión a un buscador, propuesta de enlaces, presencia de anotador, tabla de datos, confección de gráficos, glosario.
Herramientas didácticas	Disponibilidad de propuestas didácticas para trabajar con este recurso en clase.
Grado de multimodalidad	Se puede establecer un gradiente en función de la relación que se presenta entre diferentes formatos como texto, audio, imagen y animación o movimiento.

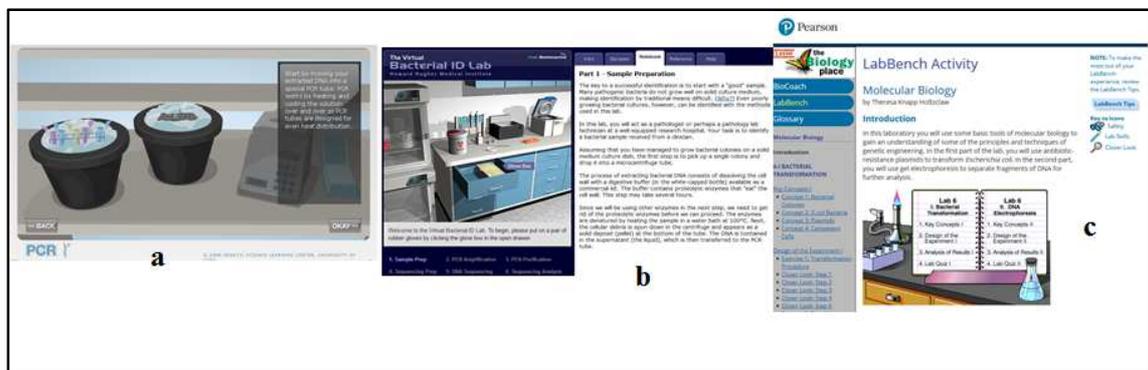


FIGURA 2. Gradiente decreciente de multimodalidad en laboratorios virtuales de Ingeniería Genética. a) Learn Genetics. Fuente: <http://learn.genetics.utah.edu/content/labs/pcr/>; b) Biointeractive (Bacterial ID lab). Fuente: http://www.hhmi.org/biointeractive/vlabs/bacterial_id/index.html; c) LabBench. Fuente: www.phschool.com/science/biology_place/labbench/lab6/intro.html

C. Dimensión Ambiente Virtual

El ambiente virtual está determinado principalmente por el grado de realismo o de realidad virtual que propone una herramienta y por su *usabilidad* (tabla IV). El primero refiere a la posibilidad de experimentar “artificialmente” todo lo que sucedería en el caso real que se trata de simular. Según el nivel de efecto de inmersión (imágenes muy parecidas al escenario real, posibilidad de manipular los objetos, graduarlos, observar el fenómeno en estudio, etc.). Se puede establecer un gradiente en función del tipo de imágenes que ofrecen (imágenes 2D o 3D), procesos, acciones o decisiones que se pueden realizar. Particularmente, en el caso de los videojuegos, el grado de realismo también está determinado por la estructura, la cual indica la perspectiva que la o el jugador tiene en relación con las misiones que debe desarrollar, diferenciándose así tres tipos (Lacasa, 2011; Occelli y Malin Vilar, 2018). En la figura 3 se encuentran diferentes ambientes virtuales en recursos disponibles para enseñanza de la física. Por su parte, la *usabilidad* se encuentra vinculada con la facilidad y simplicidad del uso que propone la herramienta (Nielsen, 1993;

Velázquez y Sosa, 2009). Si bien refiere a cuestiones que dependen de la experiencia y la alfabetización tecnológica de cada usuario, se determina en función de la rapidez con la cual se puede acceder a los contenidos buscados, el funcionamiento de los enlaces, la necesidad de instrucciones de uso y la claridad en que éstas se presentan. Por último, también se considera el tipo de interfaz ofrecida en función del recorrido intuitivo o no que proponga (Martínez y otros, 2017). Este último aspecto, para el caso de los videojuegos, se define como “narrativa” y puede tomar la forma de intuitiva, semiguada o guiada (Lacasa, 2011; Occelli y Malin Vilar, 2018).

TABLA IV. Categorías e indicadores de la dimensión ambiente virtual.

DIMENSIÓN AMBIENTE VIRTUAL	
Grado de realismo o realidad virtual	Posibilidad de experimentar “artificialmente” todo lo que sucedería en el caso real que se trata de simular.
	Para videojuegos
	a) El jugador modifica variables del sistema desde personajes de fantasía. b) Se desarrolla en tercera persona a través de un avatar que se visualiza en pantalla y que realiza las acciones que le indica el jugador. c) Se desarrolla en primera persona, es decir que el jugador observa e interactúa con el escenario directamente como si estuviera inmerso allí.
Usabilidad	Este aspecto se encuentra vinculado con la facilidad y simpleza del uso que propone la herramienta
	Para videojuegos
	Narrativa Intuitiva: solo se presenta la misión del juego general en audio, texto o video y la o el usuario debe ir descubriendo cómo moverse y qué acciones realizar. Narrativa Semiguada: se indica la misión del juego en audio, texto o video la misión principal, a medida que se avanza se van agregando nuevas instrucciones. Narrativa Guiada: se indica la misión del juego en audio, texto o video y cada acción que se debe realizar y cómo llevarla a cabo.

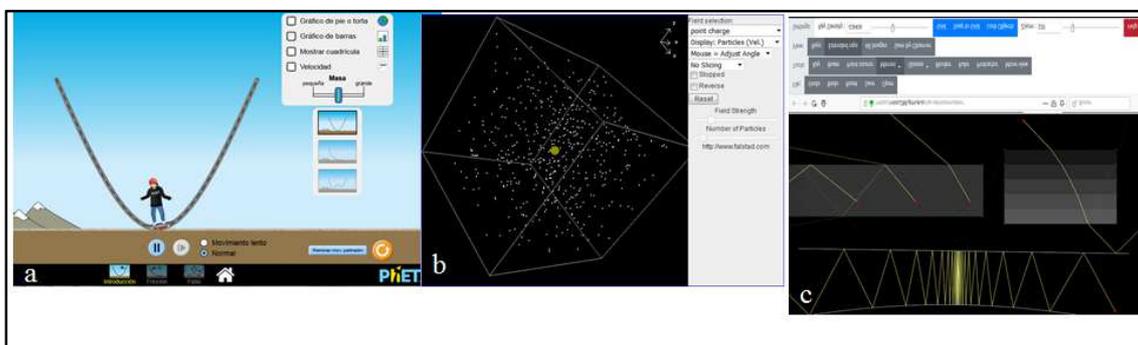


FIGURA 3. Ejemplos de diferentes ambientes virtuales para temáticas de Física. a) Simulador Phet. Fuente: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/energy-skate-park-basics>; b) Fields. Fuente: <https://www.falstad.com/vector3de/>; c) Ray Optics Simulation. Fuente: <https://ricktu288.github.io/ray-optics/simulator/>

D. Dimensión Contenido

En esta dimensión se identifican los contenidos que se vinculan con el desarrollo propuesto por la herramienta. A su vez, si se toma como marco de referencia un diseño curricular en particular y se orienta el análisis desde una disciplina y un público específico resulta posible analizar el nivel de profundidad y complejidad de los contenidos abordados (Adey, 1997). Otros aspectos a considerar son la calidad con la cual se desarrollan dichos contenidos en función de la actualización, la claridad con la cual está expresado y la ausencia de errores conceptuales. Por último, los aspectos epistemológicos y lingüísticos en función del contexto en el cual se presentan los contenidos y la inclusión de diversas perspectivas (tabla V). La figura 4 muestra las consignas propuestas en dos proyectos la plataforma WISE (Web-based Inquiry Science Environment) para desarrollar la habilidad argumentativa de los y las estudiantes.

TABLA V. Categorías e indicadores de la dimensión contenido.

DIMENSIÓN CONTENIDO	
Contenidos que permite abordar	Tipos de contenidos que se pueden abordar y sus diferentes dimensiones (conceptuales, procedimentales o actitudinales). A su vez, en algunos casos se puede identificar el nivel de profundidad y complejidad con que se desarrollan los contenidos.
Calidad del contenido	Se vincula con la actualización del contenido, su claridad y la ausencia de errores conceptuales.
Aspectos epistemológicos y lingüísticos	Se consideran aquí los tipos de ciencia que transmite (aséptica o contextualizada); la presencia de distintas posturas sobre un tema y la provisionalidad del conocimiento científico.

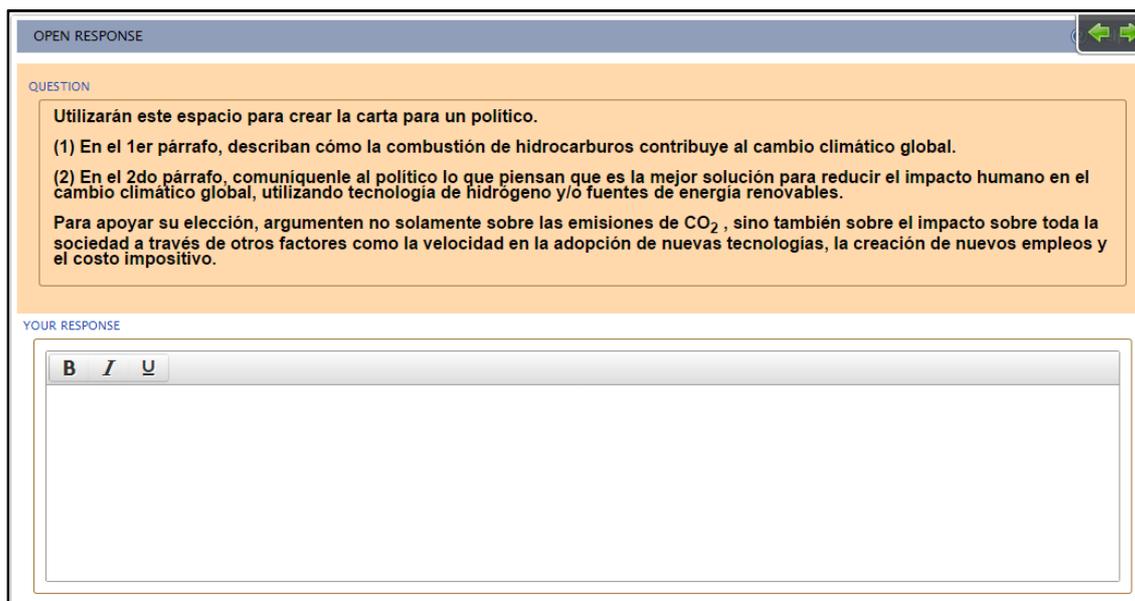


FIGURA 4. Actividad argumentativa desarrollada en el proyecto ¿Cómo podemos desacelerar el cambio climático? de la Plataforma WISE. Fuente: <https://wise.berkeley.edu>.

E. Dimensión Cognitiva

Las posibilidades cognitivas que potencialmente podría brindar una herramienta se encuentran delimitadas por cuatro aspectos principales: la interactividad, el grado de retroalimentación, los procesos cognitivos que específicamente se pondrían en juego al resolver los desafíos o las actividades propuestas y las posibilidades de colaboración (tabla VI). El nivel de interactividad mide la posibilidad y el grado de libertad del usuario dentro del ambiente virtual (Estebanell Minguell, 2002). Se puede establecer un gradiente en función de la posibilidad de modificar las condiciones o variables (todas, algunas o ninguna) del fenómeno simulado y la visualización del impacto de dichos cambios en el ambiente simulado. A su vez, también se considera la libertad para seleccionar los aspectos a modificar o la indicación del propio recurso sobre qué, cuánto y cómo modificarse. Por último, el recorrido dentro de la herramienta se plantea de modo totalmente libre, con diversas secuencias electivas o con una única secuencia lineal. En cuanto al grado de retroalimentación, refiere a las respuestas que brinda la herramienta en función de las decisiones tomadas por la o el usuario brindando información que permite reflexionar y replantear las decisiones, realizar un proceso metacognitivo en relación a qué y cómo se está aprendiendo o indicando que se ha tomado una decisión equivocada y marcando errores. Los procesos cognitivos se identifican en función de las actividades, desafíos o metas propuestas: si promueven observar; interpretar; inferir; transferir/aplicar; relacionar; sintetizar; informar; resolver problemas; experimentar; decidir, explicar, fundamentar, etc. Además, en términos más generales, se pueden diferenciar especialmente las herramientas que facilitan procesos de memorización y acceso a nueva información de aquellas que intentan promover procesos de exploración, indagación, explicación y construcción de conocimiento. Finalmente, nos referimos a las posibilidades que presenta el recurso para desarrollar actividades en colaboración con otros/as.

TABLA VI. Categorías e indicadores de la dimensión cognitiva.

DIMENSIÓN COGNITIVA	
Interactividad	Posibilidad de manipulación de la simulación, facilidad de entrada de los datos y calidad de las respuestas del programa. Posibilidades de recorrido en la herramienta (diversas secuencias o secuencia lineal).
Grado de retroalimentación	Respuestas que brinda la herramienta en función de las decisiones tomadas por la o el usuario.
Procesos cognitivos	Principales procesos o aprendizajes que podría desarrollar la o el usuario en el marco del trabajo con la herramienta.
Colaboración	Posibilidades que presenta el recurso para desarrollar actividades en colaboración con otros/as.

En la figura 5 Proponemos ejemplificar esta dimensión con las potencialidades que brinda el trabajo con videojuegos ya sea los educativos como los de entretenimiento y en particular en dos videojuegos vinculados a temáticas de física: *Angry birds* y *Mastica astros* (Ocelli y Malin Vilar, 2018). A través de las misiones que plantean los videojuegos se fomentan procesos cognitivos vinculados con las prácticas científicas. Así por ejemplo en función de los lanzamientos que se proponen en el videojuego *Angry birds* es posible predecir movimientos parabólicos, realizar análisis causa efecto, valorar el impacto de la fuerza aplicada y determinar el ángulo necesario para establecer la trayectoria correcta (West, 2015). Por su parte en el videojuego *Mastica astros* se pone en juego el concepto de gravedad y se pueden establecer comparaciones entre los campos gravitacionales de cada planeta y las condiciones de movimiento con lo cual se pueden trabajar diferentes conceptos de física como velocidad, aceleración, gravedad e inercia. Se plantean diferentes situaciones que permiten establecer comparaciones entre distintos factores que determinan el movimiento de *Mastica astros*, es decir que permite interactuar con los postulados del modelo teórico a partir del cual se construyó el diseño del videojuego, modificar algunas variables o condiciones y observar las respuestas del videojuego, y por último repensar el modelo teórico explicativo. Como el videojuego implica ir tomando decisiones en función de la comprensión del escenario y de la interacción de los componentes representados, cada jugador realiza movimientos a partir de hipótesis que pueden ser revisadas, evaluadas y modificadas según el curso de las acciones. Por lo tanto, significa una oportunidad para pensar en términos modelo teóricos (Ocelli y Valeiras, 2019; Adúriz-Bravo, 2017).



FIGURA 5.a) Imagen del videojuego *Angry birds*. Fuente: <https://www.minijuegos.com/juego/angry-birds>; b) Imagen del videojuego *Mastica astros*. Fuente: <http://juego.masticaastros.cl/>

V. ALCANCES DEL MODELO Y PROYECCIONES A FUTURO

En primer lugar, se sostiene que el modelo analítico cubre un rango amplio de dimensiones que permiten analizar un recurso globalmente. Asimismo, propone a los y las posibles interesados/as un análisis de los recursos que reconoce el contexto de enseñanza en el cual será implementado, ya que se fundamenta en la idea de pensar en quiénes son los y las posibles usuarios/as y cuáles son los lineamientos curriculares del espacio en el cual se van a utilizar.

Por otro lado, se argumenta que el modelo ofrece la posibilidad de dar más valor a ciertas dimensiones al momento de seleccionar un recurso para el aula, como en el caso de Mermoud y otras (2017), en el cual se le otorgó un valor especial a la posibilidad de argumentar y aprender ciencias a través de la argumentación. Sin embargo, consideramos esencial balancear adecuadamente las cinco dimensiones propuestas.

Una posible limitante del modelo es que, en el caso de ciertas categorías como aquellas incluidas en la dimensión cognitiva del modelo, exige un proceso inferencial fuerte en el cual se debe analizar críticamente el recurso para caracterizar los procesos que se podrían llevar a cabo en el aula.

Otra cuestión a considerar es que, si bien el modelo permite seleccionar unos recursos sobre otros, hay que tener en cuenta que al momento de trabajar en el aula se deberán generar actividades y gran parte del valor final de la propuesta didáctica dependerá de estas. En efecto, consideramos que más allá de las características que presente una determinada herramienta, la clave está en las metodologías didácticas que se implementan para su uso y es aquí donde las y los docentes tienen un rol protagónico como autores de dichos ambientes. Así, en función de las potencialidades que plantee una herramienta cada docente podrá crear, innovar y experimentar en sus aulas (Occelli y García Romano, 2018b). Sin embargo, para llegar a gestar estos ambientes resulta esencial evaluar las potencialidades de las herramientas y es por ello que el modelo se constituye en un aporte de interés.

Por otra parte, el modelo no considera como aspecto de análisis la accesibilidad de los recursos, la cual refiere a la posibilidad de que personas con diferentes discapacidades puedan mejorar sus condiciones de trabajo en el marco de distintos recursos educativos (Amado-Salvatierra y Hernández Rizzardini, 2018). Por lo tanto, un desafío a futuro es incorporar la dimensión de accesibilidad y estudiar desde esta perspectiva los recursos de ciencias naturales disponibles.

Por último, es importante resaltar que las investigaciones documentales que hemos realizado en el marco del grupo de investigación EDUCEVA-CienciaTIC han permitido el desarrollo de investigaciones didácticas orientadas a indagar cómo estas herramientas favorecen la generación de procesos de aprendizaje vinculados con las prácticas científicas. En el contexto de estas investigaciones, si bien hemos promovido y analizado los procesos metacognitivos, un aspecto que deseamos indagar es qué emociones tienen lugar en el estudiantado a partir de diseños que integran estas herramientas en el aula.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo mediante el subsidio correspondiente al proyecto de investigación, al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y al Grupo de Investigación EDUCEVA-CienciaTIC por el trabajo colaborativo que nos permitió la construcción del modelo aquí presentado.

REFERENCIAS

Adey, P. (1997). Dimensions of progression in a curriculum. *The Curriculum Journal*, 8(3), 367-39.

Adúriz-Bravo, A. (2017). Pensar la enseñanza de la física en términos de “competencias”. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29(2), 21-31.

Amado-Salvatierra, H. y Hernández Rizzardini, R. (2018). Calidad y accesibilidad de los materiales educativos en la educación superior. En N. Valeiras, C. Guzmán, E. Campo-Montalvo (Eds.), *Buenas prácticas en la educación superior virtual. El proyecto ACAI-LA*. Alcalá de Henares, España: Servicio de Publicaciones UAH.

Borba, M., y Villarreal, M. (2005). *Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: Information and communication technologies, modelling, experimentation and visualization*. New York: Springer.

Bouciguez, M. y Santos G. (2010). Applets en la enseñanza de la física: un análisis de las características tecnológicas y disciplinares. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 56-74.

Cebrián de la Serna, M. y Gallego Arrufat, M.(2011). *Procesos educativos con TIC en la sociedad del conocimiento*. Madrid: Pirámide.

de Jong, T. y Van Joolingen, W. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.

- Djaouti, D., Álvarez, J. y Jessel, J. (2011). Classifying Serious Games: The G/P/S model. En Felicia, P. (Ed.) *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games: Multi-disciplinary Approaches* (pp. 118-136). Hershey, PA: IGI Global.
- Escobar, M. y Buteler, L. (2018). Resultados de la investigación actual sobre el aprendizaje con videojuegos. *Revista Enseñanza de la Física*, 30(1), 25-48.
- Estebanell Minguell, M. (2002). Interactividad e Interacción. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa (RELATEC)*, 1(1), 23-32.
- Fiolhais, C. y Trindade, J. (2003). Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(3), 259-272.
- Gee, J.(2004). *Lo que nos enseñan los videojuegos sobre el aprendizaje y el alfabetismo*. Granada: Aljibe.
- Gee, J.(2007). *Good video games + Good Learning: collected essays on video games, learning and literacy*. New York: Peter Lang Publishing.
- Gunel, M., Hand, B. y Prain, V. (2007). Writing for learning in science: a secondary analysis of six studies. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(4), 615-637.
- Herrera, S.y Fennema, C. (2011). Tecnologías móviles aplicadas a la educación superior. En *XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 10-14 de octubre, La Plata, Argentina. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/18718>
- Iturralde, M., Bravo, B. y Flores, A. (2017). Agenda actual en investigación en didáctica de las Ciencias Naturales en América Latina y el Caribe. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19(3), 49-59.
- Kalogiannakis, M. y Papadakis, S. (2017). An Evaluation of Greek Educational Android Apps for Preschoolers. En *12th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)*, 21-25 de agosto, Dublin, Irlanda.
- Khamis, M. y Abdalla, T. (2018). Three Dimensional Virtual Laboratories and Simulations for Education: Classification, Criteria for Efficacy, Benefits, and Criticism. En *Handbook of Research on Immersive Digital Games in Educational Environments*. Hershey, PA: IGI Global.
- Lacasa, P. (2011). *Los videojuegos. Aprender en mundos reales y virtuales*. Madrid: Morata.
- Lin, T. C., Lin, T. J., Potvin, P. y Tsai, C. (2018). Research trends in science education from 2013 to 2017: a systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 41(3), 367-387.
- Malbrán Barros, A., Rodríguez, C. y García Romano, L. (2019). The Potential of Genetics Mobile Apps to be Used in Secondary Schools in Argentina. *13th ESERA Conference* (en prensa).
- Maldonado Vélez, Z., Torres, R. y García Romano, L. (2019). Characterizing the Educational Potentials of Mobile Applications Related to Ecology. *13th ESERA Conference* (en prensa).
- Martínez, G, Mir, F. y García Romano, L. (2017). Caracterización de aplicaciones móviles para la enseñanza y el aprendizaje de la anatomía humana. *Enseñanza de las Ciencias* (número extraordinario), 1597-1603.
- Martínez-Jiménez, P., Pontes-Pedrajas, A., Polo, J. y Climent-Bellido, M. (2003). Learning in Chemistry with virtual laboratories. *Journal of Chemical Education*, 80(3), 346-352.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Mermoud, S., Ordoñez, C., Garcia, L. (2017). Potencialidades de un entorno virtual de aprendizaje para argumentar en clases de ciencias en la escuela secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 587-600.

- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.
- Ocelli, M. y García Romano, L. (2018a). Las simulaciones en la enseñanza de la Biología. *Docentes conectados*, 1(1), 3-16.
- Ocelli, M. y García Romano, L. (2018b). Los docentes como autores en la integración de las TIC. En Ocelli, M., García Romano, L., Valeiras, N. y Quintanilla, M. (Comps.). *Las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas mediadoras de los procesos educativos. Volumen I: Fundamentos y Reflexiones*(pp. 39-50). Santiago de Chile: Bellaterra.
- Ocelli, M. y Malin Vilar, T. (2018). Los videojuegos: ¿Un problema de distracción o una oportunidad para aprender? En Ocelli, M.,García Romano, L., Valeiras, N. y Quintanilla, M. (Comps.). *Las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas mediadoras de los procesos educativos. Volumen I: Fundamentos y Reflexiones*(pp. 190-208). Santiago de Chile: Bellaterra.
- Ocelli, M. y Valeiras, N. (2019). Modelizar, pensar y representar ciencias naturales con TIC. En Quintanilla, M. (Comp.). *Inclusión digital y aprendizaje competencial del futuro para promover el desarrollo del pensamiento científico*.Santiago de Chile: Bellaterra (en prensa).
- Oliveira, M. y Galembeck, E. (2016). Mobile Applications in Cell Biology Present New Approaches for Cell Modelling. *Journal of Biological Education*, 50(3), 1-14.
- Ouariachi, T., Olvera-Lobo, M. y Gutiérrez-Pérez, J. (2017). Evaluación de juegos online para la enseñanza y aprendizaje del cambio climático. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(1), 193-214.
- Piassentini, M. y Ocelli, M. (2012). Caracterización de laboratorios virtuales para la enseñanza de ingeniería genética. En García Romano, L., Buffa, L., Liscovsky, I., Malin Vilar, T (Comps.). *Memorias de las X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Córdoba: ADBiA.
- Seoane, M., Arriasecq, I y Greca, I. (2015). Simulaciones computacionales: un análisis fenomenográfico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(Extra), 289-296.
- Valeiras, N. (2018). Aportes al desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la Enseñanza de las Ciencias. En Ocelli, M.,García Romano, L., Valeiras, N. y Quintanilla, M. (Comps.). *Las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas mediadoras de los procesos educativos. Volumen I: Fundamentos y Reflexiones*(pp. 13-24). Santiago de Chile: Bellaterra.
- Velázquez, I. y Sosa, M. (2009). La usabilidad del software educativo como potenciador de nuevas formas de pensamiento. *Revista Iberoamericana de Educación/Revista Ibero-americana de Educação*, 50, 4-25.
- Villarreal, M. y Borba, M. (2010). Collectives of humans-with-media in mathematics education: notebooks, blackboards, calculators, computers and... notebooks throughout 100 years of ICMI. *ZDM. The International Journal on Mathematics Education*, 42(1-2), 49-62.
- West, T. (2015). Game-based Learning: A Proposed Study on the Integration of *Angry birds* in Geometry Curriculum. En D. Rutledge y D. Slykhuis (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2015* (pp. 2773-2778). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Zawacki-Richtera, O. y Latchemb, C. (2018). Exploring four decades of research in Computers & Education. *Computers & Education*, 122, 136-152.