

Laboratorio Virtual para la Unidad Tierra y Universo como Parte de la Formación Universitaria de Docentes de Ciencias

Claudio A. Faúndez⁽¹⁾, Alicia A. Bravo⁽²⁾, Alejandra D. Melo⁽³⁾ y Hernán F. Astudillo⁽¹⁾

(1) Depto. De Física, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Concepción, Barrio Universitario s/n, Casilla 160-C, Concepción, Chile (e-mail: claudiofaundez@udec.cl, hastudil@udec.cl).

(2) Lycée Charles de Gaulle, Concepción, Chile (e-mail: aliciabravo@udec.cl)

(3) Carrera de Astronomía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Concepción, Barrio Universitario s/n, Casilla 160-C, Concepción, Chile (e-mail: alejandramelo@udec.cl)

Recibido Ene. 30, 2014; Aceptado Mar. 6, 2014; Versión final recibida Abr. 15, 2014

Resumen

Se presenta la implementación de un laboratorio virtual, de bajo costo y apropiado para el trabajo colectivo, para desarrollar la unidad Tierra y Universo, incluida en un curso de física. El laboratorio es diseñado por estudiantes universitarios de física, futuros docentes en escuelas secundarias de Chile. El trabajo se inserta en el concepto de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) y fue desarrollado y probado en un curso de secundaria de un colegio local. El desarrollo del laboratorio virtual incluye el uso de un software educacional, simulaciones y animaciones. El diseño permite que los estudiantes obtengan competencias asociadas con el aprendizaje autónomo en un ambiente de aprendizaje caracterizado por el trabajo colectivo. El diseño de laboratorios virtuales como el reportado en este trabajo muestra ser relevante para la formación universitaria de docentes de ciencias y para mejorar la transmisión de conceptos de física a estudiantes de escuela secundaria.

Palabras clave: laboratorio virtual, TICs, ambiente de aprendizaje, formación docente, enseñanza-aprendizaje

Virtual laboratory for the Earth and Universe Unit as part of University Education of Science Teachers

Abstract

The development and implementation of a low cost virtual laboratory, suitable for team work, on the subject of Earth and Universe within a Physics course is presented. The laboratory is designed by university students of physics that will be the future teachers in high schools in Chile. The work is inserted in the broad concept of Information and Communication Technologies (ICTs) and was developed and tested in a course of a local high school. The development of the virtual laboratory includes the use of educational software, simulations and animations. This virtual laboratory allows students to gain skills associated with independent learning, in a learning environment characterized by team work. The design of virtual laboratories as reported in this paper shows to be relevant for the formation of science teachers and for the better transmission of physics concepts to high school students.

Keywords: virtual lab, ICTs, learning environment, teacher training, teaching-learning

INTRODUCCIÓN

La demanda por calidad en la educación impone la revisión de la acción de todos los actores involucrados en el proceso educativo. Esta imposición fue inducida por los eventos sociales de los años 2006 y 2011 ocurridos en Chile (Valdebenito, 2011; Núñez, 2012; Valderrama, 2013). Previamente, el Estado de Chile promueve la calidad de la educación en las aulas estableciendo el Marco de la Buena Enseñanza (MBE) que es un acuerdo entre el Ministerio de Educación de Chile (MINEDUC), el Colegio de Profesores de Chile y la Asociación Chilena de Municipalidades (Mineduc, 2008). Este marco declara como pilares fundamentales la pertinencia de los contenidos seleccionados por los docentes, el ambiente de aprendizaje en el aula, el trabajo colectivo y la responsabilidad social se declaran como los pilares fundamentales.

Si el cuerpo docente hubiera adecuado sus prácticas según lo propuesto en el MBE, debiera comprobarse un incremento en la calidad de la educación en el mediano plazo. Sin embargo, es un hecho verificable que la recepción por parte del alumnado de la acción del estado no es del todo eficiente. En particular, en el área de las ciencias y especialmente en física se puede constatar que un gran número de alumnos pierde interés por la asignatura. El diagnóstico establece que no se logra el ambiente de aprendizaje adecuado y/o la apropiación de los contenidos mínimos obligatorios del curriculum nacional. En un estudio sobre una evaluación similar a la descrita, Mazzitelli, 2013 establece que para revertir esta situación del área es necesario innovar, no sólo en los contenidos, sino que también en cómo se entregan; no se trata de reemplazar la forma de enseñanza tradicional, sino de complementarla y suplir sus limitaciones. Por otra parte, Aveleyra et al., 2009 señalan que dentro de las funciones relevantes en el proceso de aprendizaje están: el docente no es “dueño de saberes”, es facilitador de aprendizajes y que el conocimiento se construye dentro del colectivo potenciando las destrezas metacognitivas.

En la actualidad, la enseñanza de los contenidos de una clase tradicional sin uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) en las asignaturas científicas para alumnos de enseñanza básica y media son aburridas, poco interactivas y centradas en el docente. En el caso de la enseñanza universitaria el rechazo de contenidos en el área de la física se debe a diferentes motivos, entre ellos: la falta de nivel en matemáticas respecto a contenidos y operaciones; la dificultad que conlleva seguir los razonamientos utilizados; y la poca adaptación del docente a utilizar técnicas didácticas (Marrero-Díaz et al., 2005; Cofré et al., 2010). Frente a esta situación se requiere del uso de nuevas metodologías educativas para el cumplimiento de los objetivos de enseñanza propuestos que se desean alcanzar en una asignatura. Para ello se utiliza como herramienta las TICs; éstas son una contribución para mejorar los ambientes educativos con recursos de Enseñanza-Aprendizaje (EA), con artefactos motivadores para los alumnos, con máquinas para procesar y comunicar información, con funciones de carácter pedagógico, cultural, social y profesional (Rival, 2010). Más aún, Fernández et al., 2001 establece que hay diversas maneras de concebir un ambiente de aprendizaje en la educación formal, que contemplan no solamente los entornos físicos y los medios, sino también los elementos básicos del diseño instruccional. Existen al menos cinco componentes principales que lo conforman: el espacio, el estudiante, el docente, los contenidos educativos y los medios.

Mostramos la implementación de los laboratorios virtuales como medios para desarrollar un trabajo didáctico y significativo. Además, dado los resultados obtenidos es claro que el implemento de los laboratorios virtuales debe incluirse en el proceso de formación docente. Los laboratorios virtuales se enmarcan en lo que se conoce como Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) que, aprovechando las funcionalidades de las TICs, ofrecen nuevos contextos para la enseñanza y el aprendizaje libres de las restricciones que imponen el tiempo y el espacio en la enseñanza presencial y capaces de asegurar una continua comunicación (virtual) entre alumnos y docentes (López y Morcillo, 2007; Valderrama et al., 2009; Urréjola et al., 2011).

En este sentido, dentro de la formación docente universitaria en las carreras de pedagogía en ciencias deben existir asignaturas donde los estudiantes obtengan competencias en el uso de las TICs. Además, en cursos donde se tratan temas tales como Tierra y Universo, las herramientas para la visualización y la simulación son necesarias. Éstas, han sido utilizadas en temas, como por ejemplo, estudio del campo magnético en bobinas y solenoides (Rosado y Herreros, 2005), emular el comportamiento de un globo aerostático, reproducir la dinámica de un sistema mecánico compuesto de un muelle y un amortiguador (Martín et al., 2008), en el caso de la enseñanza de contenidos relacionados con biología celular (Inzunza et al., 2012) y cinemática de un volante inercial (Enrique, 2013). Hasta donde los autores tienen conocimiento, el uso de laboratorios virtuales para el tema Tierra y Universo, tanto en enseñanza universitaria como secundaria, no ha sido descrito en la literatura.

En este trabajo damos a conocer la implementación y evaluación de este laboratorio virtual realizado como parte de la formación universitaria de los futuros docentes de ciencias y desarrollado para la unidad Tierra y Universo.

METODOLOGÍA

Estudiantes universitarios de física de la Universidad de Concepción, futuros docentes de escuela secundaria, implementaron el laboratorio virtual basado en las TICs con fines de enseñanza. Específicamente, el laboratorio virtual usa las siguientes herramientas didácticas: software educativo, animaciones y simulaciones. Las funcionalidades de las TICs se acotarán a la utilización de un computador y un proyector, por lo que estamos hablando de un laboratorio virtual de fácil implementación y costo, lo que lo hace masivo. El laboratorio virtual fue puesto en práctica en un curso de enseñanza media de un colegio local.

Para implementar el laboratorio virtual seguiremos los lineamientos del programa de estudio entregado por el MINEDUC aplicado a alumnos de segundo año de educación media, donde los contenidos de física se dividen en cuatro unidades. La cuarta unidad se enfoca en los contenidos de Tierra y Universo. Normalmente esta unidad es enseñada según la clase tradicional, por lo tanto se sugiere la implementación de los laboratorios virtuales para generar clases entretenidas, interactivas y centradas en el alumno siguiendo las indicaciones del MBE y como establece Cofré et al., 2010: poder canalizar éste interés por la ciencia y lograr una alfabetización científica. Los futuros docentes deben cumplir con objetivos y aprendizajes específicos mostrados en la Tabla 1 (Mineduc, 2011).

Como se mencionó, los elementos del laboratorio virtual son las simulaciones, animaciones y software. En la Tabla 2 se muestra la relación entre los elementos del laboratorio virtual y los contenidos de la unidad Tierra y Universo.

Tabla 1: Matriz evaluativa.

Subsector: Física	Curso: Segundo año medio
Unidad: Tierra y Universo	
Objetivos Fundamentales Verticales:	Objetivo Fundamental Transversal:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocer la importancia de las leyes físicas formuladas por Newton y Kepler para realizar predicciones en el ámbito astronómico. 2. Comprender la importancia científica y cultural de los modelos cosmológicos geocéntrico y heliocéntrico. 3. Reconocer los elementos fundamentales de las investigaciones científicas, en casos concretos de investigaciones que sustentan los conocimientos del nivel. 4. Procesar datos con herramientas conceptuales apropiadas y elaborar interpretaciones de datos en términos de las teorías y conceptos del nivel. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aceptación y valoración de la diversidad etaria, cultural, socioeconómica, de género, condición física, opinión u otras. 2. Respeto a la vida, conciencia de la dignidad humana y de los derechos y deberes de todas las personas. 3. Preservación de la naturaleza y cuidado del medioambiente. 4. Desarrollo de las habilidades del pensamiento.
Contenidos Mínimos Obligatorios:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicación de las leyes de Kepler y de la ley de gravitación universal de Newton para explicar y hacer predicciones sobre dinámica de pequeñas y grandes estructuras cósmicas (planetas, estrellas, galaxias, etc.) 2. Reconocimiento de algunas evidencias geológicas y astronómicas que sustentan las teorías acerca del origen y evolución del sistema solar. 	
Aprendizajes esperados:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprender la importancia científica y cultural de los modelos cosmológicos geocéntrico y heliocéntrico. 2. Comparar distintos modelos cosmológicos relativos al sistema solar. 3. Reconocer la importancia de las leyes físicas formuladas por Kepler y Newton para realizar predicciones astronómicas. 4. Aplica las leyes de Kepler y Newton y comprobar su valor predictivo. 5. Reconocer los elementos fundamentales de investigaciones astronómicas. 6. Interpretar datos sobre el movimiento de los planetas. 	

Tabla 2: Elementos de laboratorio virtual en relación a los contenidos de la unidad Tierra y Universo.

Elementos De Laboratorio	Leyes de Kepler	Ley de Gravitación Universal	Sistema Solar y Universo
Simulación	X	X	X
Animación	X	X	X
Software			X

Como se observa en la Tabla 2, los contenidos sobre la Ley de Gravitación Universal y las Leyes de Kepler se enseñan en el laboratorio virtual usando simulaciones y animaciones. De esta forma los aprendizajes logrados son: i) comprender la importancia científica y cultural de los modelos cosmológicos geocéntrico y heliocéntrico, ii) aplicar las leyes de Kepler y Newton y comprobar su valor predictivo e iii) Interpretar datos sobre el movimiento de los planetas. Estos aprendizajes se obtienen modificando parámetros del programa en el caso de las simulaciones, por ejemplo la siguiente página web, http://www.walter-fendt.de/ph14s/keplerlaw2_s.htm, contiene un simulador donde variando elementos de la sección cónica se visualiza explícitamente la segunda Ley de Kepler y los parámetros de las elipses. La Figura 1 muestra cómo trabaja el laboratorio virtual para la Segunda Ley de Kepler para el planeta Mercurio, como se obtiene del simulador.

De la misma manera los modelos cosmológicos geocéntricos y heliocéntricos se observan utilizando las animaciones. Por ejemplo en la página Web de la Academia Caen de Francia (Royer 2014), <http://www.discip.ac-caen.fr/phch/lycee/terminale/gravitation/planete/planete.htm>, se observan animaciones que muestran claramente los modelos cosmológicos. En la Figura 2 se muestran imágenes de la animación del modelo Heliocéntrico (derecha) y Geocéntrico (izquierda).

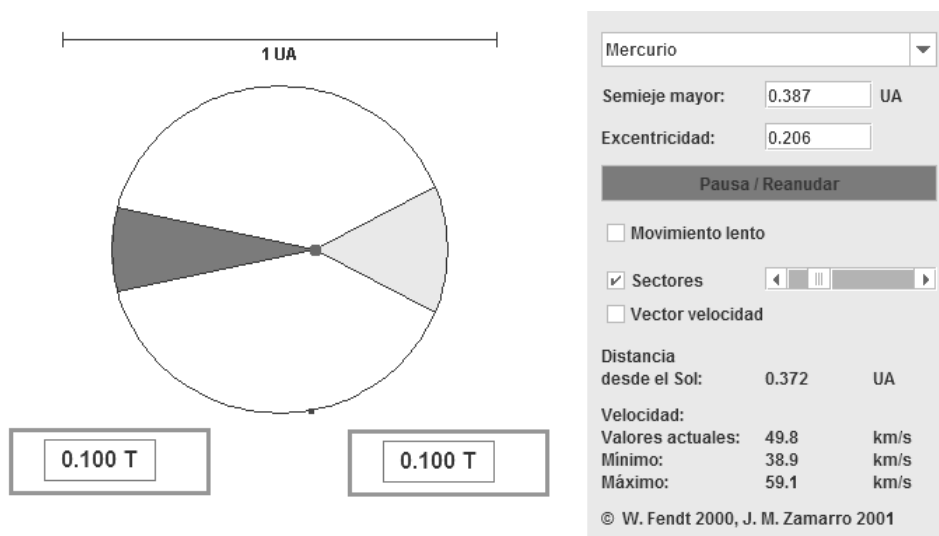


Fig. 1: Simulador para la Segunda Ley de Kepler (tomada de http://www.walter-fendt.de/ph14s/keplerlaw2_s.htm)

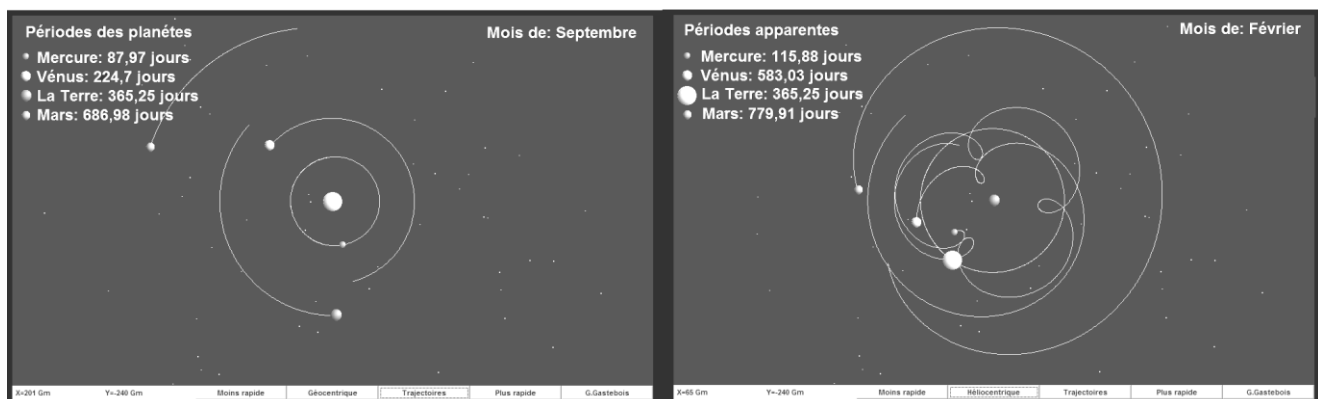


Fig. 2: Imágenes del modelo Heliocéntrico y Geocéntrico, derecha e izquierda, respectivamente (tomada de <http://www.discip.ac-caen.fr/phch/lycee/terminale/gravitation/planete/planete.htm>).

En la internet existe gran cantidad de páginas web que muestran simulaciones y animaciones con distintos niveles de dificultad. De los diversos software educativos gratuitos existentes en la literatura abierta para el estudio de estos contenidos, hemos seleccionado el software Celestia (<http://celestia.es/>) como la principal herramienta a utilizar en nuestro laboratorio virtual, ya que permite viajar a través del Sistema Solar; ésta es una característica fundamental para el laboratorio, pues resulta atractiva a los alumnos y les permite explorar lo más similar a un observatorio. En la Tabla 3 se muestran las características relevantes del software Celestia para que el docente desarrolle los contenidos mínimos obligatorios y el alumno logre los aprendizajes esperados.

Tabla 3: Características del software Celestia.

Características
<ul style="list-style-type: none"> - Posibilita explorar el Universo en tres dimensiones. - Presenta y simula viajes a través de nuestro Sistema Solar. - Permite viajar a más de 100.000 estrellas de la Vía Láctea o incluso fuera de la Vía Láctea. - Es posible interactuar con los nombres de planetas, estrellas, galaxias, etc. - Permite guardar videos con gran definición. - Pide menor cantidad de recursos para ser utilizado. - Presenta un catálogo grande de estrellas, galaxias, planetas, lunas, asteroides, cometas y naves espaciales. - Permite la descarga de una gran cantidad de objetos nuevos, reales o imaginarios, y poder agregarlos fácilmente.

SOFTWARE CELESTIA

Celestia fue creado por Chris Laurel, Ingeniero desarrollador de programas graduado en matemáticas y física en el St. Olaf College, Northfield MN. Es un software libre que se puede descargar para los sistemas operativos Mac OS X, GNU/Linux y Windows de su página oficial en español (<http://celestia.es/>). Según estas características, el docente se encuentra con una variedad de posibilidades para poder realizar su laboratorio virtual.

El docente puede utilizar el software Celestia para realizar actividades que favorezcan el desarrollo de las competencias mínimas en el alumno. Por ejemplo, dentro de los contenidos mínimos obligatorios, el alumno debe entender lo que son las grandes estructuras cósmicas, como el Sistema Solar. El docente, utilizando Celestia, permitirá que los alumnos visualicen a través de viajes virtuales, no solo la estructura del Sistema Solar, también cada uno de los cuerpos celestes constituyentes incluyendo sus características (ver Tabla 3). Así, como plantea Cuartero et al., 2009, los alumnos podrán aprender sin dificultad, de una forma amena y divertida los conceptos de difícil visualización a través de las tecnologías digitales.

El MINEDUC plantea contenidos mínimos que los alumnos deben adquirir, sin embargo el docente es libre de profundizar más aún los contenidos y desarrollar actividades extras relacionados con la unidad. Para ello existe una web del proyecto Celestia (<http://celestia.albacete.org/>) donde aparecen actividades educativas que se pueden utilizar para este fin.

Dentro de las características implícitas que presenta la utilización de TICs en un laboratorio virtual, como lo son animaciones, simulaciones y software, el alumno podrá adquirir competencias para un aprendizaje autónomo a partir de las propuestas de actividades generadas por el docente. Cabe mencionar que este aprendizaje de las TICs adquiere una importancia a largo plazo, ya que el alumno lo podrá utilizar en el futuro y en cualquier área que lo requiera.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para verificar la eficacia del laboratorio virtual, este fue aplicado en un colegio de la octava región de Chile. En la Tabla 4 se describe las características del grupo.

Tal como indica la Tabla 4 este laboratorio virtual se aplicó durante el tercer trimestre del año escolar 2013, de acuerdo a los contenidos que se desprenden de la Tabla 1. El ambiente de aprendizaje se conformó de un aula y de un laboratorio de computación de la institución. Se comienza en el aula con un proceso de aprendizaje ilustrativo dado por el docente donde sólo se utilizó un computador y un proyector para mostrar el funcionamiento del laboratorio virtual, que en este caso fue el software Celestia. Esto se implementó para que en el laboratorio de computación cada alumno tuviera acceso a su laboratorio virtual y así generar un colectivo en donde trabajaron individualmente logrando apropiarse de los aprendizajes esperados.

Tabla 4: Descripción del grupo de aplicación del laboratorio virtual.

Población	22 alumnos
Nivel	Segundo año medio
Institución	Colegio particular pagado
Región	Del BioBio
Implementación	Física, plan común
Duración	1 trimestre
Aplicación	3° trimestre

Al finalizar cada unidad, los alumnos son evaluados para verificar el aprendizaje de los contenidos, según los criterios de evaluación planteados por el MINEDUC. Cuando finaliza cada trimestre, cada uno de los alumnos obtiene un promedio de sus evaluaciones. Estos promedios de calificaciones correspondientes a cada trimestre fueron analizados.

En la Figura 3, las imágenes (a), (b) y (c) corresponden a los promedios trimestrales de calificaciones del grupo de alumnos donde se aplicó el laboratorio virtual. Mientras que las imágenes (d), (e) y (f) corresponden a los promedios trimestrales de calificaciones de un grupo de alumnos con la clase tradicional, considerado como grupo de control del mismo año donde se aplicaron los mismos contenidos. Para la construcción de los histogramas hemos considerado las calificaciones en el intervalo de 2,1 a 7,0, ya que no se obtuvieron calificaciones inferiores a éste. Cabe mencionar que la escala de notas va de 1,1 a 7,0 según lo establecido por el MINEDUC, siendo la nota 4,0 el mínimo de aprobación.

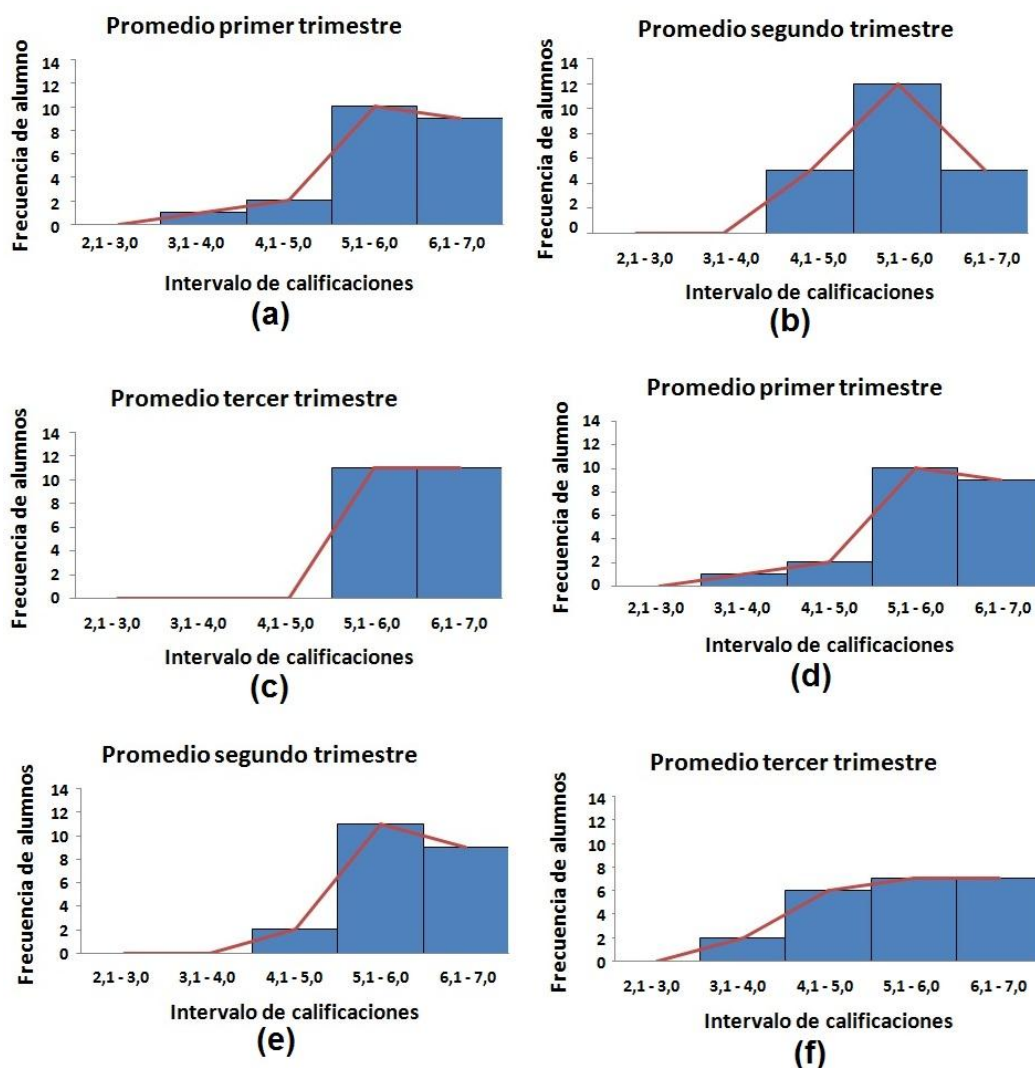


Fig. 3: Histograma del promedio de notas de los alumnos de segundo medio: (a) primer trimestre, (b) segundo trimestre, (c) tercer trimestre, con aplicación del laboratorio virtual; (d) primer trimestre, (e) segundo trimestre, (f) tercer trimestre, con clase tradicional.

En la Fig. 3 (a), (b) y (c) se aprecia claramente que el ancho de la distribución disminuye indicando que el grupo en su conjunto adquirió los aprendizajes esperados. Se evidencia que la utilización del software Celestia del laboratorio virtual generó un incremento de frecuencia en el rango de calificaciones más altas, claramente superior que las del primer y segundo trimestre. Más aún, la frecuencia de alumnos con promedio 6,6 – 7 aumentó casi el doble en el tercer trimestre y no existen alumnos con promedio bajo 5,1.

La Fig. 3 (d), (e) y (f) corrobora esta información, ya que haciendo la comparación entre los histogramas de los dos grupos de estudiantes, el promedio de calificaciones del grupo en el tercer trimestre con la clase tradicional muestra un decaimiento en el rendimiento, resaltando la eficacia del laboratorio virtual.

Esto puede interpretarse con certeza como que los alumnos recibieron todos los contenidos mínimos obligatorios y por ende se pudo cumplir con los aprendizajes esperados propuestos por el MINEDUC. Así se cumple el ciclo del proceso de EA desde la planificación y preparación de la enseñanza, la creación de un ambiente de aprendizaje propicio, hasta la evaluación y reflexión sobre la práctica docente necesaria para retroalimentar y enriquecer este ciclo.

CONCLUSIONES

Estudiantes universitarios de física de la Universidad de Concepción, implementaron un laboratorio virtual de bajo costo y apropiado para el trabajo colectivo, para desarrollar la unidad Tierra y Universo, unidad que está inserta en el programa de estudio de segundo año de educación media en Chile. El laboratorio virtual se implementa mediante el uso de un computador y un proyector donde se utiliza el software Celestia, animaciones y simulaciones.

Se comprobó experimentalmente un incremento en el rendimiento de los alumnos donde se aplicó el laboratorio virtual, comparado con una clase tradicional aplicada a un curso del mismo año de enseñanza secundaria.

De acuerdo a lo expuesto, en el curso donde se desarrolló el laboratorio virtual la distribución del promedio de notas en los dos primeros trimestres, en el cual la clase fue de carácter tradicional, fue similar a una distribución de Gauss. Notoriamente en el tercer trimestre, la distribución pasa a ser casi uniforme y cercana a las máximas calificaciones.

Se concluye que la aplicación de las TICs en unidades como la descrita, con un incremento verificable de los aprendizajes, debe ser una urgencia en la acción de los docentes en el aula. Por consiguiente es que el diseño de este tipo de laboratorios debe ser considerado como parte fundamental de la formación universitaria del docente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento de Física y la Dirección de Docencia de la Universidad de Concepción por el apoyo en la construcción de este trabajo, y a los miembros del taller de Micro Didáctica Física del Departamento de Física: Yazmina Rojas y Ángela Pinto, por su colaboración.

REFERENCIAS

Aveleyra, E.; y otros cinco autores, El valor agregado del uso de las TIC's en la enseñanza de la Física para carreras de Ingeniería, Memorias del Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CLICAP), Mendoza, Argentina, (2009).

Celestia, Celestia en castellano, en línea, <http://www.celestia.es/>, último acceso: 10 de Enero del (2014).

Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D., Vergara, C., La educación científica en Chile: debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia, Estudios pedagógicos XXXVI, 2, 279-293, (2010).

Cuartero, F., Ruiz, J., Pardo, J., Nuevos métodos de enseñanza en astronomía, IEEE-RITA, 4(4), 259-266, (2009).

Enrique, C., Alzugaray, G., Modelo de Enseñanza-Aprendizaje para el Estudio de la Cinemática de un Volante Inercial usando Tecnologías de la Información y la Comunicación en un Laboratorio de Física, Formación universitaria, 6(1), 3-12, (2013).

Fernández, R., Server, P., Cepero, E., El aprendizaje con el uso de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, Revista Iberoamericana de Educación, (2001).

Inzunza, B., Rocha, R., Márquez, C., Duk, M., Asignatura Virtual como Herramienta de Apoyo en la Enseñanza Universitaria de Ciencias Básicas: Implementación y Satisfacción de los Estudiantes, Formación Universitaria, 5(4), 3-14, (2012).

López, M y Morcillo, J.G, Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 6(3), 562-576, (2007).

- Martín, C., Urquía, A., Dormido, S., Educación a distancia del profesorado de ciencias en el desarrollo de laboratorios virtuales, RIED 11(2), 67-88, (2008).
- Marrero-Díaz, A., Tejera, A., Rodríguez-Santana, A., Incorporación de las TICs como apoyo a la docencia de física en ingeniería, XIII congreso universitario de innovación educativa en las enseñanzas técnicas, Maspalomas, Gran Canaria, 21 al 23 de septiembre, (2005).
- Mazzitelli, C.A, Los futuros docentes y sus presentaciones de la enseñanza de las ciencias, Avances en ciencias e ingeniería, 4(2), 99-110, (2013).
- Mineduc, Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas, Ministerio de Educación, República de Chile, Marco para la Buena Enseñanza, Séptima edición, 1 - 45, Santiago, Chile, (2008).
- Mineduc, Ministerio de Educación, República de Chile, Física, Programa de Estudio para Segundo Año Medio, Unidad de Currículum y Evaluación, Primera Edición, 73 – 84, Santiago, Chile. Disponible en http://www.mineduc.cl/index5_int.php?id_portal=47&id_contenido=17116&id_seccion=3264&c=10. (2011).
- Núñez, D., Proyecciones políticas del movimiento social por la educación en Chile, OSAL (Buenos Aires: CLACSO), 31, (2012).
- Rival, H, Tecnologías de la información y comunicación en el sistema escolar chileno, aproximación a sus logros y proyecciones, Revista Iberoamericana de Educación, 51(2), 1-11, (2010).
- Rosado, L., Herreros J. R., Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en enseñanza de la física, FORMATEX, 1-5, (2005).
- Royer, J., Le Moroux, G., Système Solaire, en línea, <http://www.discip.ac-caen.fr/phch/lycee/terminale/gravitation/planete/planete.htm>, (2014), último acceso: 7 Enero de 2014.
- Urréjola, S., Valderrama, J.O., Sánchez, A., Aplicación de las nuevas tecnologías a la colaboración docente entre universidades de distintos continentes. Proyecto AECID entre la Universidad de La Serena (Chile) y la Universidad de Vigo (España). Editorial: Nova Galicia Edicions, Vigo-España, (2011).
- Valdebenito, L., La calidad de la educación en Chile: ¿un problema de concepto y praxis? revisión del concepto calidad a partir de dos instancias de movilización estudiantil (2006 Y 2011), CISMA, Revista del Centro Telúrico de Investigaciones Teóricas, 1(2), 1-25, (2011).
- Valderrama, J.O; Sanchez, Á. y Urrejola, S. Colaboración Académica Internacional en Tecnologías de la Información y Docencia Virtual. Formación Universitaria, 2(6), 3-13, (2009).
- Valderrama, L.B, Jóvenes, ciudadanía y tecnología de información y comunicación. El movimiento estudiantil chileno, Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud, 11(1), 123-135, (2013).
- Walter Fend, Segunda Ley de Kepler, en línea, http://www.walter-fendt.de/ph14s/keplerlaw2_s.htm, ultimo acceso: 13 de Enero del 2014. (2012).
- Web del Proyecto Celestia, en línea, <http://celestia.albacete.org/>, último acceso: 13 de Enero del 2014. (2012).