



Trascendencia del desarrollo de prácticas de enseñanza y de los foros virtuales (TIC) sobre el aprendizaje de la Biología Celular

Soto Zárate C. I.^a, García Tovar C. G.^a, Garrido Fariña G.^a, Oliver González M. R.^a, Rodríguez Salazar L. M.^b

^aDepartamento de Ciencias Biológicas, FES-Cuautitlán, UNAM. Estado de México, 54740

^bInstituto Politécnico Nacional, CIECAS. Ciudad de México, 11360

ARTICLE INFO

Received: July 1, 2017

Accepted: August 2, 2017

Available on-line: November 2, 2017

Keywords: Enseñanza de la ciencia, Biología celular, Foro virtual, Aprendizaje en las TIC.

E-mail addresses:

Soto Zárate CI.

cisz2003@hotmail.com

García Tovar CG.

cgarciatov@yahoo.com.mx

Garrido Fariña G.

isaurogafa@yahoo.com.mx

Oliver González MR.

oliverglz@yahoo.com.mx

Rodríguez Salazar LM.

luismauriciors@gmail.com

ISSN 2007-9842

© 2017 Institute of Science Education.

All rights reserved

ABSTRACT

The teaching of Cell Biology is a complex process, because the topics covered and by its level of abstraction, make it difficult to understand by the students. From concepts obtained during the research process, evidence has emerged to address the abstract contents, which has allowed us to elaborate models to explain the structure and function of the cell in a more understandable way. Within FES Cuautitlán-UNAM we have incorporated part of this methodology into the teaching-learning process, based on the tools of information and communication technologies. Specifically, from the knowledge of commonly used techniques in research, applied in the development of laboratory practices within the subject of Cell Biology, students obtain evidence and images of cell structures (cytoskeleton). Subsequently, working collaboratively, draw up a poster that they upload to a digital platform (virtual classroom or Facebook group) to expose their work to the consideration of their peers and start a virtual discussion forum, in which each student gives their opinion about the work of each team. So far, this has sought to stimulate different intellectual skills such as creativity, capacity for analysis, synthesis and presentation of information for communication purposes, which encourages critical and constructive discussion. The process has been evaluated through questionnaires analyzed using the Likert scale (representing the results with the Pareto diagram). In this paper, we present the results obtained, initiating a new analysis with the objective of making a proposal about the role of the epistemology of the imagination in the research and teaching of Cell Biology, in its passage towards Molecular Biology, in which considerably increases the abstraction and representation of reality.

La enseñanza de la Biología Celular es un proceso complejo, debido a que los tópicos abordados, por su grado de abstracción, resultan difíciles de comprender por los alumnos. A partir de conceptos obtenidos durante el proceso de investigación, han surgido evidencias para abordar los contenidos abstractos, lo cual ha permitido elaborar modelos para explicar la estructura y función de la célula de una manera más comprensible. Dentro de la FES Cuautitlán-UNAM hemos incorporado parte de esta metodología en el proceso enseñanza-aprendizaje, apoyándonos en las herramientas de las tecnologías de información y comunicación. En concreto, a partir del conocimiento de técnicas de uso común en investigación, aplicadas en el desarrollo de prácticas de laboratorio dentro de la asignatura de Biología Celular, los alumnos obtienen evidencias e imágenes de estructuras celulares (citoesqueleto). Posteriormente, trabajando de forma colaborativa, elaboran un cartel que suben a una plataforma digital (aula virtual o grupo de Facebook) para exponer su trabajo a la consideración de sus compañeros e iniciar un foro de discusión virtual, en el cual cada estudiante emite su opinión sobre el trabajo de cada equipo. Hasta ahora, con esto se ha buscado estimular diferentes aptitudes intelectuales como: creatividad, capacidad de análisis, síntesis y presentación de la información con fines de comunicación, que fomente la discusión crítica y constructiva. El proceso ha sido evaluado a través de cuestionarios analizados mediante la escala de Likert (representando los resultados con el diagrama de

Pareto). En esta ponencia, presentamos los resultados obtenidos, iniciando un nuevo análisis con el objetivo de realizar una propuesta acerca del papel de la epistemología de la imaginación en la investigación y la enseñanza de la Biología Celular, en su paso hacia la Biología Molecular, en la cual aumenta considerablemente el grado de abstracción y de representación de la realidad.

I. INTRODUCCIÓN

La biología celular estudia la estructura, función y comportamiento de la célula, la cual es la unidad anatómica, fisiológica y genética de todos los seres vivos, por lo que la célula es la unidad fundamental de la vida, bajo la premisa general de que toda célula procede de una célula preexistente (Alberts *et al.*, 2015). Esta unidad anatómica, fisiológica y genética, se ve reflejada en que las células tienen 3 componentes básicos: una membrana celular que las cubre, protege y delimita, un citoplasma en donde realizan las funciones fundamentales y el DNA, molécula en la que se almacena la información genética. Debido al grado de abstracción requerido en su abordaje, convierte a la enseñanza de la Biología Celular en un proceso complejo, lo cual resulta difícil de comprender no solo para los alumnos, sino también para los investigadores en formación en dicha área.

En las bacterias y arqueas el DNA se encuentra libre en el citoplasma (procariotes o células anucleadas) y en las eucariotas el DNA se encuentra contenido dentro del núcleo de la célula. Las células eucariotas pueden vivir como organismos unicelulares o conformar organismos pluricelulares (plantas, hongos y animales). El grado de abstracción se acrecienta si consideramos que las células eucariotas son estructuralmente más complejas que las células procariotes. Las células eucariotas de los animales además de poseer un núcleo, también se caracterizan por presentar un sistema de organelos membranosos (retículo endoplásmico, aparato de Golgi, lisosomas, peroxisomas, mitocondrias).

Asimismo existe un citoesqueleto que es un sistema de filamentos que se distribuyen dentro de la célula, proporciona un armazón estructural y realiza funciones que le permiten su organización espacial y propiedades mecánicas, las cuales dan la forma, resistencia, estructura interna y movimiento a la célula en respuesta a su interacción con su medio ambiente (Pollard and Earnshaw, 2008; Cooper and Hausman, 2009 y Alberts *et al.*, 2015). El presente trabajo se basa en el estudio de esta estructura con el fin de ilustrar nuestra propuesta.

La propuesta consiste en presentar el grado de complejidad conceptual debido a que la estructura del citoesqueleto no puede ser mostrada a simple vista, aún con el uso del microscopio, sino que requiere de un largo proceso metodológico en el laboratorio, antes de ser llevado a lo que consideramos como el laboratorio virtual formado por las Tecnologías de la Información y la Comunicación, las llamadas TIC. En este marco, nuestra aportación consiste en mostrar lo que llamamos el paso de los Objetos de Aprendizaje a los Objetos de lo Aprendido, como los llamó en un trabajo reciente uno de nosotros (Rodríguez-Salazar, Rosas-Colín y Silva-Borjas (en corrección).

Iniciamos entonces el artículo presentando el proceso de enseñanza de la Biología Celular llevado a cabo en los laboratorios de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán (FES-Cuautitlán), perteneciente a la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). Posteriormente, presentamos las metodologías de la Biología Celular desarrolladas en el laboratorio, para después dar paso a nuestra propuesta de transformación de los llamados Objetos de Aprendizaje en Objetos de lo Aprendido, mediante el paso de lo aprendido en el trabajo desarrollado en el laboratorio, llevado al laboratorio virtual de las Tecnologías de Información y Comunicación.

El artículo termina con la presentación de los resultados, en donde se muestra que los alumnos, organizados en equipos, se inscribieron en los talleres de producción de material didáctico que se realizan en el laboratorio de Investigación en Morfología Veterinaria y Biología Celular. Posteriormente, haciendo un seguimiento escrito y digital del trabajo realizado, elaboraron los carteles siguiendo las instrucciones que se les proporcionaron, mostrando mediante textos e imágenes el trabajo realizado y los resultados obtenidos en foros virtuales de opinión.

II. EL PROCESO DE ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA CELULAR EN EL LABORATORIO

En la FES Cuautitlán se imparte la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, dentro de la cual se tienen asignaturas básicas como Biología Celular que pertenece al área de las Ciencias Morfológicas y se imparte en los dos primeros semestres. La enseñanza de la Biología Celular es un proceso complejo, debido a que los tópicos abordados, por su grado de abstracción, resultan un tanto difíciles de comprender por los alumnos. A partir de los conceptos obtenidos

durante el proceso de investigación han surgido evidencias que permiten abordar los contenidos abstractos mediante la elaboración de modelos con el fin de explicar la estructura y función de la célula de una manera más comprensible.

Hasta ahora, la enseñanza en dicha asignatura ha sido realizada dentro de un modelo tradicional, en el cual los alumnos sólo son receptores de la información que proporciona el profesor, teniendo una participación activa solamente durante el desarrollo de las prácticas, pero con muchas limitaciones, por la saturación de grupos, que ocasiona que no todos tengan la posibilidad de intervenir directamente. Derivado de lo anterior se ha tenido la necesidad de innovar este proceso de enseñanza-aprendizaje para que se lleve a cabo a través de un cambio planificado, intencionado y sistemático, dirigido a la mejora continua de dicho proceso. Es importante que este cambio se inicie modificando el rol del profesor pasando de transmisor de la información en lo que llamamos “guía conceptual” para la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes, en donde innovación no se limita al uso de las TIC, sino que involucra un cambio en todo el proceso de enseñanza aprendizaje.

Nos enfocamos entonces al desarrollo de las capacidades intelectuales, tales como: procesos de análisis y síntesis, discusión crítica y constructiva, así como la capacidad de presentación de la información para su comunicación, todo ello en un marco de creatividad, que aquí abordamos desde una propuesta que uno de nosotros le ha dado el nombre de epistemología de la imaginación. Para esto, los alumnos desarrollan prácticas en el laboratorio sobre algún tópico seleccionado, con el fin de obtener un producto, siguiendo un método sistemático, basado en un sólido marco teórico y conceptual del complejo proceso de abstracción implícito en la Biología Celular. Una vez realizado lo anterior, los alumnos dan un seguimiento documentado al trabajo que realizaron en el laboratorio, que al final presentan utilizando alguno de los recursos disponibles dentro de las TIC, que aquí llamamos trabajo en un laboratorio virtual.

Esta metodología es un elemento más con lo que buscamos innovar el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Biología Celular, promoviendo el trabajo colaborativo en los estudiantes para que participen de forma activa en la construcción del conocimiento. Es aquí en donde el profesor, de transmisor de información por medio de la elaboración previa de objetos de aprendizaje, se convierte en “guía conceptual” a través del desarrollo de actividades dentro del laboratorio encaminadas a la producción de objetos de lo aprendido sobre los temas contemplados en el programa de la asignatura de Biología Celular. Dicho de otra manera, a partir del material obtenido en el laboratorio, los alumnos elaboran carteles para dar difusión al producto obtenido y presentarlo en el laboratorio virtual, transformando la visión general de elaboración de objetos de aprendizaje por el profesor tradicional, en la elaboración de objetos de lo aprendido bajo la tutela de los profesores como guías conceptuales.

Para conseguir lo anterior los alumnos se vinculan al trabajo que se lleva a cabo en el Laboratorio de Investigación en Morfología Veterinaria y Biología Celular en donde desarrollan las metodologías básicas utilizadas en el estudio de una célula. A partir de los productos obtenidos, los alumnos elaboran un trabajo consistente en un cartel en archivo electrónico. Fomentamos el uso de las TIC a través de las cuales los alumnos utilizan recursos y medios para expresar la información generada y sus productos. En este sentido se busca que los estudiantes difundan la información a través de una plataforma virtual, en donde todos los alumnos del grupo pueden ver y analizar el trabajo desarrollado por sus compañeros para establecer su opinión y análisis a partir de la información presentada. A partir de esto se generan acciones colaborativas para conseguir que los alumnos construyan el conocimiento de la forma y estructura a nivel celular de los animales domésticos, en torno a la existencia de una inteligencia colectiva. En el marco de la epistemología de la imaginación, este proceso de construcción del conocimiento por una inteligencia colectiva se basa en la asimilación recíproca de esquemas conceptuales desarrollados por los alumnos como capacidades intelectuales.

Este modelo de enseñanza conlleva una nueva estrategia en donde se busca que los alumnos comprendan cómo a partir de la configuración imaginaria de una realidad posible, en este caso el citoesqueleto de la célula, que como se señaló anteriormente, no puede ser observado a simple vista y tampoco con la simple ayuda del microscopio. Con esta configuración imaginaria previa, basada en los conocimientos teórico-conceptuales, se hace el diseño experimental mediante el cual se generan las imágenes que permiten expresar la configuración imaginaria en la construcción del conocimiento. Esto nos permite hacer perceptible esa realidad compleja y abstracta de una manera más concreta y así poder explicar y entender cómo se estructura y funciona el citoesqueleto. Este modelo surge de la propuesta del papel de la epistemología de la imaginación en la investigación y la enseñanza de la Biología Celular, en su paso hacia la Biología Molecular, en la cual aumenta considerablemente el grado de abstracción y de representación de la realidad.

III. METODOLOGÍAS DE LA BIOLOGÍA CELULAR DESARROLLADAS EN EL LABORATORIO

Como se señaló en la introducción, el citoesqueleto es un sistema de filamentos que se distribuyen dentro de la célula, proporciona un armazón estructural y realiza funciones que le permiten su organización espacial y propiedades mecánicas, esto es, dan la forma a la célula, resistencia, estructura interna y movimiento (migración celular y movimiento intracelular) en respuesta a su interacción con el medio ambiente.

El citoesqueleto está conformado por tres tipos de filamentos proteicos: los filamentos de actina, los microtúbulos y los filamentos intermedios (Pollard and Earnshaw, 2008; Cooper and Hausman, 2009 y Alberts *et al.*, 2015). Los primeros están formados por actina, proteína globular que polimeriza para formar dichos filamento (Fig. 1C). Sus funciones están relacionadas con dar forma y movimiento a la célula.

Otro de los elementos del citoesqueleto son los filamentos intermedios dentro de los que se encuentran los filamentos de vimentina que forman redes transcelulares para proporcionar soporte y resistencia a las células (Fig. 1B) (Pollard and Earnshaw, 2008; Cooper and Hausman, 2009 y Alberts *et al.*, 2015).

Con el fin de facilitar la comprensión de los procesos abstractos implicados en la enseñanza de la biología celular abordados en este trabajo, se presenta el fundamento teórico de las técnicas empleadas, que para fines de este trabajo son la representación concreta de los procesos abstractos, producto de la configuración imaginaria de una realidad posible: la estructura del citoesqueleto.

1) El cultivo celular consiste en la siembra y crecimiento de células *in vitro* proporcionando las condiciones necesarias para su mantenimiento. Esto se realiza utilizando un equipo consistente en una campana de flujo laminar o en condiciones más simples una mampara que evite corrientes de aire y un mechero. En ambos casos se busca mantener las condiciones de esterilidad necesarias para manipular las células, recuperarlas de una caja de cultivo en donde previamente se crecieron y, a partir de ahí, desprenderlas, suspenderlas en medio de cultivo y distribuir las, sembrándolas en dos o más cajas de cultivo para expandir el cultivo (figura 1A).

En nuestro caso, estas cajas contenían cubreobjetos previamente esterilizados, en donde crecieron las células y es en ellos en donde se realizaron las técnicas de inmunohistoquímica e inmunofluorescencia (figuras 1A, B y C). Las células sembradas en las cajas de cultivo se mantuvieron en una incubadora, equipo que permite mantener la temperatura, atmósfera y humedad necesarias para que las células puedan crecer.

Por otra parte, el estudio de las proteínas presentes en cualquier organismo (órganos, tejidos y/o células) se realiza mediante su inmovilización y detección con métodos de marcaje. Esto sirve como ejemplo de nuestra propuesta de la posibilidad de representar de manera concreta, los procesos abstractos producto de los fundamentos teóricos y conceptuales. Así, se puede dar sustento a nuestra propuesta de la configuración imaginaria de una realidad posible, que es lo que nos lleva a la elaboración de una hipótesis.

Los métodos de marcaje para inmunohistoquímica, ELISA y western-blot utilizan un anticuerpo dirigido contra la proteína de interés, conjugado con una enzima, para revelar su presencia se agrega el sustrato específico y la reacción produce una reacción colorimétrica que evidencia la presencia de la proteína de interés visualizándola directamente por microscopía óptica (inmunohistoquímica), por un cambio en el color de la solución usada (ELISA) o como una banda (western-blot).

2) En la técnica de inmunohistoquímica, una vez desarrollada la reacción colorimétrica, los cubreobjetos con las células marcadas se colocan sobre un portaobjetos y se observan en un microscopio óptico que permite visualizar la preparación y observar los filamentos marcados en las células (figura 1B). Las técnicas de inmunofluorescencia e inmunohistoquímica permiten la detección de los filamentos directamente en las células mediante métodos de marcaje (Figs. 1B y C).

3) En la técnica de inmunofluorescencia, el cubreobjetos con las células que se expusieron al anticuerpo usado para detectar a la proteína de interés conjugado con una molécula fluorescente se colocan sobre un portaobjetos. Después se observan las preparaciones en un microscopio de fluorescencia. Este microscopio emite una luz que pasa por un filtro que deja pasar sólo haces de la longitud de onda específica para excitar al fluorocromo utilizado, éste al ser excitado emite en respuesta, una luz de una longitud de onda mayor que es visualizada a través del microscopio permitiendo observar los filamentos del citoesqueleto (figura 1C) (Alberts *et al.*, 2015).

4) En ELISA (ensayo inmunoabsorbente asociado a una enzima) las proteínas que se pretende estudiar se inmovilizan en el fondo de pequeños pozos de una caja de poliestireno para su posterior detección. En esta técnica la placa es introducida en un espectrofotómetro (Lector de Placas de ELISA), el cual mediante la emisión de luz y un filtro permite sólo el paso de luz de una longitud de onda específica (para nuestro fin 490 nm), esta luz atraviesa la muestra y dependiendo de la intensidad del color obtenido en la reacción, el equipo lo convierte a una notación numérica que permite valorar la presencia de la proteína (figura 1D).

5) En el western-blot primero se separan las proteínas mediante la técnica de electroforesis y después son transferidas a una membrana de nitrocelulosa en donde quedan inmovilizadas para su posterior detección. Para separar las proteínas se utiliza una cámara de electroforesis en donde se introduce un gel de poliacrilamida que actúa como una malla porosa en donde las proteínas al migrar por influjo de una corriente eléctrica se van separando de acuerdo con su masa, finalmente se tiñe con una solución de Azul de Coomassie lo cual permitirá observar a las proteínas como bandas. Este gel, pero sin teñir, es colocado en contacto con una membrana de nitrocelulosa e introducidos en una cámara de electrotransferencia en donde las proteínas, gracias a una corriente eléctrica, migran del gel a la membrana en donde quedan inmovilizadas, al colocar el anticuerpo específico dirigido contra la proteína de interés, éste se une a la proteína y al realizar la reacción de la enzima conjugada al anticuerpo con su sustrato, la presencia de dicha proteína se evidencia como una banda (figura 1E).

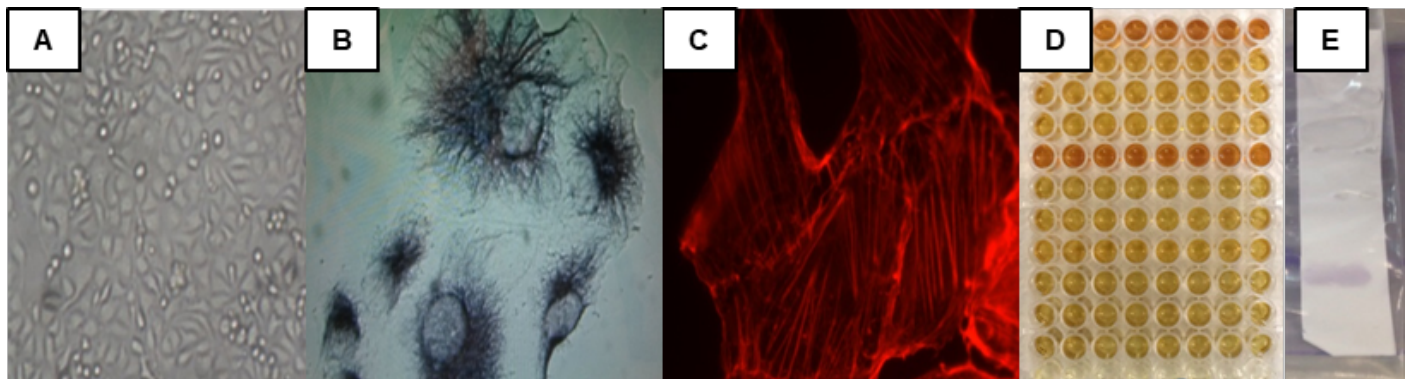


FIGURA 1. Representación concreta de los procesos abstractos producto de los fundamentos teórico-metodológicos. **A.** Cultivo celular. **B.** Filamentos de vimentina observados mediante inmunohistoquímica. **C.** Filamentos de actina observados mediante microscopía de fluorescencia. **D.** Detección de actina mediante la técnica de ELISA. **E.** Detección de actina mediante la técnica de Western-blot.

IV. OBJETOS DE APRENDIZAJE Y OBJETOS DE LO APRENDIDO EN LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

Como ahora es ampliamente sabido, las TIC se desarrollan a partir de los avances científicos producidos en los ámbitos de la informática y de las telecomunicaciones, definidas como el conjunto de tecnologías que permiten el acceso, producción, tratamiento y comunicación de información presentada en diferentes códigos, como el texto, la imagen y el sonido, entre otros. El elemento más representativo de las nuevas tecnologías es sin duda el ordenador y más específicamente el Internet que supone un salto cualitativo de gran magnitud, cambiando y redefiniendo los modos de conocer y relacionarse del hombre (Belloch OC, 2017). De manera general, estos códigos en los que se combinan el texto, la imagen y el sonido con fines didácticos, son conocidos como Objetos de Aprendizaje (LO) por sus siglas en inglés (Learning Objects).

Bajo esta concepción, la educación debe combinar el arte, el trabajo manual, los conceptos científicos y los desarrollos tecnológicos, de modo que favorezca el desarrollo cognitivo, la imaginación creativa o imaginación productiva, en el marco de nuestra propuesta del desarrollo de las capacidades intelectuales que conlleve el crecimiento personal. Transformar la educación significa no sólo cambiar los libros de texto y las actitudes de los docentes, sino también alterar las prácticas que prevalecen en las instituciones de enseñanza en todo el proceso educativo.

La propuesta más generalizada y aceptada es transformar el marco formal que regula el sistema educativo, en el que se ha dicho que un avance en la tecnología para la innovación de la educación ha sido la incorporación de las TIC con actividades de aprendizaje y sistemas de evaluación, tareas domiciliarias, a través de Internet, aprendizaje basado en proyectos, educación a distancia, exámenes con acceso total a fuentes de información (Semenov A, 2005). Desde nuestro punto de vista, este enfoque va dirigido a la elaboración de objetos de aprendizaje (que más bien son objetos para la enseñanza), no a la elaboración de objetos de lo aprendido, como es nuestra propuesta, de una educación basada en la investigación y no en la docencia: basada en el aprendizaje, no en la enseñanza.

Se requiere entonces, si bien no sustituir, sí resituar los elementos constitutivos de los objetivos de aprendizaje, para llevarlos a la elaboración de objetos de lo aprendido, destacando la adquisición de conocimientos por medio de la creación de un espacio de relación para el intercambio de experiencias. Los contenidos de un curso son generalmente la fuente principal de información, por lo que las actividades didácticas serán la fuente de formación en el marco de la elaboración de objetos de aprendizaje, que como acabamos de señalar, son más bien objetos para la enseñanza. De manera neutral, se puede aceptar que las TIC ofrecen una serie de posibilidades para la formación específica en función del colectivo que se ha de formar y contenido que se ha de impartir, son un medio que permite la implementación de nuevos modelos pedagógicos (Olivar AJ y Daza A, 2007). Consideramos que es neutral, ya que se puede implementar tanto en un modelo basado en la docencia que basado en la investigación: en la enseñanza y no en el aprendizaje. Por lo tanto, consideramos que los avances en investigación y las nuevas tecnologías generan cambios y necesidades de aprendizaje constantes, en donde la propia sociedad plantea exigencias de formación que implican modelos de enseñanza adaptables al binomio espacio (presencial/distancia) y tiempo (sincronía/asincronía), en un binomio investigación-aprendizaje.

Así, podemos coincidir con autores que señalan que al incorporar las TIC el profesor deja de ser fuente de todo conocimiento y pasa a actuar como guía de los alumnos, facilitándoles el uso de los recursos y herramientas que necesitan para explorar y elaborar nuevos conocimientos y destrezas; pasa a actuar como gestor de la pléyade de recursos de aprendizaje y se acentúa su papel de orientador y mediador. En el caso del alumno, las acciones educativas relacionadas con el uso, selección, utilización, organización y difusión de la información, les permite formarse como un ciudadano maduro de la sociedad de la información (Salinas, 2004).

Asimismo, cuando señalan que las TIC tienen como características más sobresalientes la interactividad, interconectividad e instantaneidad entre individuos sin la limitante del espacio y el tiempo, y puede ser sincrónica o asincrónica. Las TIC permiten transmitir cualquier tipo de información que sea factible de ser digitalizada, gracias a lo cual es posible la innovación de cualquier proceso, en nuestro caso el proceso enseñanza-aprendizaje. La utilización de las TIC puede ser muy diversa, desde la mera comunicación entre personas, hasta el proceso de la información para crear informaciones nuevas (Belloch OC, 2017). Para nosotros no se trata de propuestas neutrales y menos aún inclinadas al fomento de la elaboración de objetos para la enseñanza, como les hemos venido llamando, sino más bien inclinados a lo que nosotros llamamos objetos de lo aprendido y la construcción colectiva de conocimiento, como señalan algunos autores.

Algunas de las herramientas desarrolladas en las TIC han permitido establecer redes sociales que conforman comunidades en donde los usuarios pueden incluir sus opiniones, fotografías y comunicarse con el resto de miembros de su comunidad para facilitar y fomentar la participación de los ciudadanos en la creación de los contenidos de la Red. Los miembros están conectados en un patrón de “muchos a muchos” que permiten desarrollar espacios virtuales organizados para desarrollar proyectos, integrar comunidades y tomar decisiones; descargar diferentes tipos de recursos o imágenes y facilitar la participación y colaboración (documentos colaborativos) (Belloch C, 2012; Flores VJM, 2009).

Las TIC permiten la movilidad virtual de los académicos, lo que da la posibilidad de acceder a espacios virtuales, comunitarios, ubicuos, en aulas distales suspendidas en un tiempo constantemente único. Formar un ambiente inteligente que genere redes de colaboración en espacios virtuales de aprendizaje, con la participación múltiple de inteligencias dentro de un modelo de diversidad funcional dando lugar a la existencia de una inteligencia colectiva en el ciberespacio (Navarro M. G., 2009).

Hoy en día, los estudiantes son competentes en el uso de las TIC, aprenden con más efectividad las diversas materias y alcanzan objetivos más altos como pensadores, investigadores y creadores independientes; por lo que la aplicación de las TIC en la innovación del proceso enseñanza-aprendizaje resulta más sencillo, útil y con resultados satisfactorios a corto y largo plazo (Semenov A, 2005).

Las habilidades que se estimulan en los estudiantes que participan en las TIC son; búsqueda de información, comunicación y colaboración en línea, mantener la seguridad de la información, procesamiento y administración de la

información, manejo de medios, conocer las características de las computadoras, trabajar en ambientes virtuales y utilizar los recursos y herramientas tecnológicas de apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje (Matriz de habilidades digitales, 2013). Adicionalmente, con nuestra propuesta buscamos desarrollar capacidades intelectuales que potencien el desarrollo personal.

V. RESULTADOS

El desarrollo de este proyecto comprendió las siguientes etapas:

Etapa 1. Producción de material en el laboratorio

Para elaborar el material, los alumnos organizados en equipos se inscribieron en los talleres de producción de material didáctico que se realizan en el laboratorio de Investigación en Morfología Veterinaria y Biología Celular. Cada equipo desarrolló las siguientes metodologías; cultivo celular, inmunohistoquímica, inmunofluorescencia, análisis de proteínas por ELISA y western-blot. Para el desarrollo de cada uno de los trabajos los alumnos hicieron una investigación previa sobre el fundamento teórico de cada una de las metodologías. Al involucrarse en el laboratorio aprendieron las buenas prácticas de laboratorio para poder trabajar adecuadamente en el mismo. Después realizaron los diferentes pasos que conforman cada una de las metodologías, mismas que se llevaron a cabo bajo la supervisión de los profesores (Fig. 2). Durante el proceso, los alumnos llevaron una bitácora en la que anotaron todos y cada uno de los pasos realizados y una colección de imágenes obtenidas durante el proceso y de los productos finales obtenidos, todos estos datos conformaron la evidencia electrónica del trabajo realizado.



FIGURA 2. Alumnos en el laboratorio de investigación. Se muestran fotografías representativas de los alumnos desarrollando las metodologías empleadas en este proyecto (cultivo celular, inmunohistoquímica, inmunofluorescencia, ELISA y western-blot), para poder pasar de una imagen abstracta de una estructura celular (el citoesqueleto), generada a partir de los conceptos aprendidos en clase, a una imagen concreta como producto final obtenido al término de la práctica.

Etapa 2: Generación de un cartel

A partir del trabajo desarrollado y del material producido, sumado a una revisión bibliográfica relacionada con la temática abordada, los alumnos de cada equipo trabajaron en forma colaborativa en la elaboración de un cartel (Fig. 3). En los carteles se incluyeron texto e imágenes y estuvieron conformados con los siguientes apartados: encabezado (institución, autores, asesores y asignatura), resumen, introducción, metodología, resultados, discusión, conclusiones y bibliografía; siguiendo las instrucciones y protocolos de las técnicas que se les proporcionaron por escrito, así como también considerando la rúbrica de los puntos a evaluar.



FIGURA 3. Fotografías de carteles. Se presenta una muestra representativa de los carteles elaborados por los alumnos mediante el trabajo colaborativo a través de la generación de un proceso de inteligencia colectiva. De esta forma los alumnos aprendieron a presentar las imágenes concretas obtenidas durante las prácticas de laboratorio combinadas con textos que describen el trabajo realizado, todo distribuido en una forma organizada y sistemática.

Etapa 3: Difusión del trabajo

Para la difusión del trabajo desarrollado, el cartel se subió a una plataforma digital (aula virtual o grupo cerrado de Facebook), en donde se generó un foro de opinión a través del cual los alumnos participaron haciendo un análisis crítico y constructivo del trabajo elaborado por sus compañeros (Fig. 4). Los profesores responsables de grupo evaluaron el cartel y la participación siguiendo la rúbrica que para tal efecto se elaboró y proporcionó a los estudiantes, asimismo los alumnos hicieron una autoevaluación del trabajo que desarrollaron



FIGURA 4. Foros de opinión virtuales. Muestra representativa de los foros de opinión que se organizaron en plataformas virtuales (Aula Virtual o Grupo Cerrado de Facebook) con la exposición de los carteles. Todos los alumnos del grupo participaron en estos foros con el fin de analizar y discutir el resultado y la presentación del trabajo realizado en el laboratorio y plasmado en estos carteles lo que les permitió desarrollar capacidades intelectuales que impactarán en su crecimiento personal y colectivo.

En este proyecto se llevaron a cabo una serie de actividades conducentes a la generación de los productos que nos permitieron cumplir con el objetivo y alcanzar nuestras metas.

Se desarrollaron las prácticas dentro del laboratorio de investigación con la participación de los alumnos en forma colaborativa y haciendo un seguimiento escrito y digital del trabajo realizado. Se elaboraron los carteles siguiendo las instrucciones que se proporcionaron en donde los alumnos mostraron mediante textos e imágenes el trabajo realizado y los resultados obtenidos. Los carteles fueron evaluados por los propios estudiantes y por los académicos en los foros de opinión. Esta evaluación formó parte de la calificación final del curso.

Los foros de opinión fueron los sitios virtuales, utilizando como plataformas aulas virtuales o Facebook, generados para la presentación de los carteles en donde los estudiantes participantes hicieron un análisis crítico del trabajo de sus compañeros emitiendo sus comentarios para generar una discusión sana y constructiva que les permitió

desarrollar habilidades y destrezas en torno a la generación de información y su difusión, análisis y discusión. Con esto se promovió el trabajo colaborativo y se fomentaron las habilidades de creatividad, capacidad de análisis, síntesis y presentación de información, comunicación y discusión crítica y constructiva entre los integrantes de los equipos.

Los resultados obtenidos con esta estrategia despertaron el interés de otros profesores para incorporar esta metodología en sus cursos. De manera general se puede mencionar que a la fecha han participado un promedio de 200 alumnos y 10 académicos por semestre. El resultado de los cuestionarios de autoevaluación aplicado a los alumnos se analizó mediante la escala de Likert (representando los resultados con el diagrama de Pareto) y se constató que más del 80% de los estudiantes percibió que el trabajo realizado impactó positivamente en los puntos evaluados.

VI. CONCLUSIONES

Se dio un paso importante en el proceso de innovación en la enseñanza de la asignatura de Biología Celular, mediante la inclusión de los estudiantes en el laboratorio de investigación, aplicando los conocimientos teórico-conceptuales en el desarrollo de las técnicas de biología celular con lo que se originó nuestra propuesta de transformación de los llamados Objetos de Aprendizaje en Objetos de lo Aprendido, mediante el paso de lo aprendido en el trabajo desarrollado en el laboratorio, difusión del trabajo desarrollado y discusión en foros virtuales, aplicando las herramientas TIC como parte del proceso enseñanza-aprendizaje.

Los estudiantes obtuvieron el conocimiento necesario para desarrollar las metodologías básicas de la Biología Celular. Se logró la adquisición del conocimiento priorizando el aprendizaje sobre la enseñanza a través de un proceso que inicia con la construcción imaginaria de una realidad posible de la estructura celular en estudio, el citoesqueleto. A partir de la guía conceptual se logró llegar, mediante el proceso de inteligencia colectiva y a través del desarrollo de las actividades realizadas de forma colaborativa al Objeto de lo Aprendido y se estimularon diferentes aptitudes como: imaginación, capacidad de análisis, síntesis y presentación de la información con fines de comunicación, lo cual fomentó la discusión crítica y constructiva. Se propició el crecimiento personal y colectivo mediante el desarrollo de capacidades intelectuales. Durante este proceso los alumnos aprendieron a realizar representaciones imaginarias de conceptos abstractos plasmados en imágenes concretas, a partir de la aplicación del conocimiento teórico-metodológico actual, con el fin de tener un mejor acercamiento al conocimiento de la realidad (Ver figura 1).

Nos enfocamos en el desarrollo de las capacidades intelectuales (procesos de análisis y síntesis, discusión crítica y constructiva, capacidad de presentación de la información para su comunicación dentro de un marco de imaginación de realidades posibles), que aquí abordamos desde una propuesta a la que uno de nosotros le ha dado el nombre de epistemología de la imaginación (Rodríguez-Salazar, 2015). En este proceso el rol del profesor pasó de transmisor de la información a “guía conceptual” para la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes que involucró un cambio en todo el proceso de enseñanza aprendizaje. En el marco de la epistemología de la imaginación, este proceso de construcción del conocimiento por una inteligencia colectiva se basa en la asimilación recíproca de esquemas conceptuales desarrollados por los alumnos como capacidades intelectuales.

En este proyecto se integraron tres fases para pasar a través de la construcción imaginaria de una realidad posible, como paso de lo abstracto a lo concreto, para lo cual los alumnos en una primer etapa aprendieron que es posible usar la imaginación para diseñar experimentos en donde se apliquen diferentes estrategias siguiendo un método sistemático, basado en un sólido marco teórico y conceptual, que les permitió obtener una imagen concreta de las estructuras y procesos celulares (Ver figura 2). En la segunda fase se abordaron los aspectos a considerar al momento de difundir los conocimientos generados mediante el diseño de carteles que transmitirán el resultado obtenido con imágenes y textos que explican el proceso empleado para llegar a los resultados obtenidos (Ver figura 3) y la tercera fase consistió en ponerlos a consideración de sus compañeros de grupo en foros de opinión virtuales para que después de su análisis se pudiera emitir una crítica constructiva que permitiera enriquecer el trabajo (Ver figura 4). El trabajo colaborativo se reflejó durante el desarrollo de las prácticas y el uso de las TIC ya que permitió romper la barrera del espacio y tiempo para integrar de manera virtual a los integrantes de los equipos para discutir y decidir la mejor manera de enfrentar un problema y establecer las estrategias para abordarlo y resolverlo, presentarlo en forma visual (carteles) a sus compañeros de grupo y participar en los foros de opinión (Fig. 5).



FIGURA 5. Trabajo integrado de las prácticas de enseñanza y foros de opinión virtuales en torno a la epistemología de la imaginación. Construcción imaginaria de una realidad que lleva a la generación del conocimiento a través del trabajo colaborativo, a partir de la realización de prácticas de laboratorio que produjeron objetos concretos que fueron plasmados en carteles, los cuales fueron presentados en foros de opinión virtuales para su análisis y discusión, dentro del marco de la epistemología de la imaginación y en un proceso de inteligencia colectiva que se basa en la asimilación recíproca de esquemas conceptuales desarrollados por los alumnos como capacidades intelectuales. Con las flechas bidireccionales se quiere resaltar lo dinámico de este proceso de tal manera que los alumnos pueden regresar a la fase previa sin que haya problema. Asimismo, si bien el proceso descrito en este artículo termina con la fase 3 (fotografía inferior izquierda) con la flecha verde se pretende señalar que todo este proceso prepara a nuestros alumnos para integrarse a cualquier otra actividad o proyecto dentro de un laboratorio de investigación.

Este modelo de enseñanza planteó una nueva estrategia en donde se buscó que los alumnos comprendieran cómo a partir de la configuración imaginaria de una realidad posible, en este caso el citoesqueleto de la célula y con el apoyo de los conocimientos teórico-conceptuales, se pudo hacer el diseño experimental mediante el cual se generaron las imágenes que permiten expresar la configuración imaginaria en la construcción del conocimiento. Esto nos permitió hacer perceptible esa realidad compleja y abstracta de una manera más concreta y así poder explicar y entender cómo se estructura y funciona el citoesqueleto. Este modelo surge de la propuesta del papel de la epistemología de la imaginación en la investigación y la enseñanza de la Biología Celular, en su paso hacia la Biología Molecular, en la cual aumenta considerablemente el grado de abstracción y de representación de la realidad.

Finalmente los profesores evaluaron el trabajo desarrollado y los estudiantes realizaron un ejercicio de autoevaluación que nos permitió detectar su percepción en relación al aprendizaje obtenido y el trabajo en equipo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con apoyo de los siguientes proyectos de investigación: SIP 20170385 (IPN), DGAPA-PAPIIT IN402515 (Facultad de Psicología UNAM), DGAPA-PAPIME PE205717 (UNAM) y PIAPI 1602 (FESC-UNAM). Adicionalmente los autores desean agradecer a las siguientes personas; MVZ Ma. Reyes Pichardo Molinero, M. en C. Francisco Rodolfo González Díaz y MVZ José Luis Nieto Bordes por su apoyo en la implementación de las prácticas de laboratorio que son la base de este trabajo.

REFERENCIAS

- Alberts B, Johnson A, Lewis, J, Morgan D, Raff M, Roberts K and Walter P. (2015). *Molecular Biology of the Cell*. Garland Science, 6th ed. New York, USA.
- Cooper G.M. and Hausman R.E. (2009). *The Cell, A Molecular Approach*. ASM Press, 5th ed. Massachusetts, USA.
- Pollard TD and Earnshaw WC. (2008). *Cell Biology*. Saunders Elsevier, 2nd ed. Philadelphia, USA.
- Belloch OC. *Las tecnologías de la información y comunicación (T.I.C)*. Unidad de Tecnología Educativa. Universidad de Valencia. Recuperado de <http://www.uv.es/~belloch/pdf/pwtic1.pdf>, el 9 de septiembre de 2017.
- Rodríguez-Salazar LM, Rosas-Colín CP y Silva-Borjas MP (En corrección). *From Learning Objects to Learned Objects as Study Object of a New Discipline in Science Education*. Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects (IJELLO).
- Semenov A. (2005). *Las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza*. Instituto de Educación Abierta de Moscú (Federación Rusa) División de Educación Superior. UNESCO ED/HED/TED.
- Olivar AJ y Daza A. (2007). *Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y su impacto en la educación*. Negotium Año 3, N° 7: pp. 21-46.
- Salinas J. (2004). *Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria*. Revista Universitaria y Sociedad del Conocimiento 1 (1): pp. 1-15.
- Belloch C. (2012). *Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el aprendizaje. Material docente [on-line]*. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. Universidad de Valencia. Recuperado de <http://www.uv.es/belloch/pedagogia/EVA1.pdf>
- Flores VJM. (2009). *Nuevos modelos de comunicación, perfiles y tendencias en las redes sociales*. Revista Científica de Educomunicación 17 (33). pp. 73-81.
- Navarro MG. (2009). *Los nuevos entornos educativos: desafíos cognitivos para una inteligencia colectiva*. Revista Científica de Educomunicación 17 (33): pp. 141-148.
- Matriz de habilidades digitales. (2013). *Diplomado en Aplicaciones de las TIC para la enseñanza*. Coordinación de tecnologías para la educación – h@bitat puma. DGTIC-UNAM.
- Rodríguez-Salazar, L. M. (2015). *Epistemología de la Imaginación: el trabajo experimental de Ørsted*. Editorial Corinter, México.