

Microscopía Virtual: Tecnología al Servicio de la Enseñanza de la Histología/Embriología en Cursos de Ciencias de la Salud

Carolina Figueroa carofigueroasm@u.uchile.cl³; Eugenia Díaz eudiaz@med.uchile.cl^{1,2}; Cleofina Bosco cbosco@med.uchile.cl¹, Rodrigo Rojas rodrigorojasmoraleda@gmail.com^{4,5}, Niels Grabe niels.grabe@bioquant.uni-heidelberg.de⁵, Sandra Gutiérrez spgutier@u.uchile.cl³, Jimena López jime.lopc@gmail.com², Alejandra García ale_garcia@med.uchile.cl² y Steffen Hartel shartel@med.uchile.cl^{1,2,4}

¹ Programa de Anatomía y Biología del Desarrollo, Instituto de Ciencias Biomédicas (ICBM), ² Centro de Patología Digital Asistido por Internet (CPDAI), ³ Unidad de Desarrollo de la Docencia de Pregrado (UDDEP), ⁴ SCIAN-Lab, Biomedical Neuroscience Institute (BNI), Facultad de Medicina, Universidad de Chile, ⁵Tissue Imaging and Analysis Center Bioquant, Department of Medical Oncology, National Center for Tumor Diseases, Heidelberg University Hospital, Heidelberg, Germany.

Resumen

La Facultad de Medicina de la Universidad de Chile está llevando a cabo un proceso de transformación de la docencia e incorporación de recursos educativos con la finalidad de mejorar los aprendizajes de los estudiantes. En el presente trabajo se comunica el desarrollo, implementación y evaluación de la incorporación de la Microscopía Virtual (MV) como un recurso tecnológico complementario en la enseñanza de la histología, para la formación de profesionales de la salud, lo que se relaciona directamente con el proceso de innovación curricular en curso.

La incorporación de la MV en la experiencia formativa enfrentó tres desafíos: i) Facilitar el logro de aprendizajes y competencias de los estudiantes, ii) Promover su autonomía a través del uso de ambientes virtuales y iii) Favorecer el cambio de paradigma sobre el rol del docente como guía y facilitador del proceso de enseñanza y aprendizaje. La experiencia se concretó mediante el desarrollo de guías de aprendizaje, se aseguró la apropiación de la tecnología a través de la formación de docente y estudiantes y se generaron placas virtuales de alta calidad, específicas para las temáticas seleccionadas.

La propuesta pedagógica se basó en una experiencia guiada que permitió a los estudiantes alcanzar los logros de aprendizaje propuestos y reforzar aprendizajes de histología. Favoreció además la optimización del tiempo presencial y no presencial de los estudiantes. Por otra parte, el equipo docente adquirió experiencia en la generación de un banco o repositorio de placas histológicas virtuales de alta calidad, orientadas a la enseñanza y recibió una retroalimentación inmediata para realizar mejoras en las actividades de aprendizaje diseñadas.

La introducción de la MV a las actividades formativas para construir y reforzar el aprendizaje de las competencias es un área de amplia proyección en el ámbito educacional. Mediante la aplicación de herramientas pedagógicas específicamente diseñadas, resultará muy sencillo realizar la transferencia de la metodología a otras Facultades, tales como Ciencias, Veterinaria, Odontología, etc. También permite una fácil incorporación en otros niveles educacionales como formación docente inicial de Profesores de Biología, formación continua, capacitación y desarrollo profesional e incluso hacia la enseñanza media y básica.

Palabras Clave: Microscopía Virtual, Educación en Ciencias de la Salud, Histología, Embriología.

Introducción

La innovación curricular desarrollada por la Facultad de Medicina en sus ocho escuelas de pregrado ha significado una revisión profunda sobre lo que se debiera enseñar, como también la manera en que se debiera formar y evaluar a los estudiantes bajo modelos basados en competencias, que permitan dar cuenta de los perfiles de egreso comprometidos por la Universidad de Chile. En este camino de redefiniciones, surge un contexto valorable para la incorporación de metodologías que aportan en el desarrollo de mejores y más profundos aprendizajes de los estudiantes, así como también potenciar su autonomía. La Microscopía Virtual (MV) constituye una herramienta tecnológica relevante, al servicio de estos principios y de la manera de entender la formación en nuestra Facultad.

El fuerte desarrollo que la MV ha experimentado durante la última década, ha impulsado a un gran número de universidades a implementar trabajos prácticos que la utilicen. Esta se basa en generar, a partir de una placa histológica convencional, una placa virtual consistente en una imagen de muy alta resolución que, en conjunto con un software de simulación de un microscopio, permite observar el material histológico en la pantalla de un computador, tablet o celular. Como valor agregado, la MV permite poner a disposición de docentes y estudiantes repositorios de placas virtuales de diversos tejidos y órganos, procesados con diversas técnicas histológicas. La digitalización, además de proporcionar altos estándares de calidad, uniformes para todos los estudiantes, permite el uso de herramientas didácticas tales como anotaciones, mediciones y generación de documentos personales, entregando al estudiante autonomía en el aprendizaje y personalización de su proceso educativo.

Dentro de la reflexión de cómo están aprendiendo actualmente los estudiantes, se hace evidente la necesidad de buscar nuevas metodologías y tecnologías al servicio de la educación superior, que fortalezcan el proceso educativo. En este contexto, surge la posibilidad de incorporar la MV como una nueva estrategia metodológica en cursos de carreras de la salud. El aprendizaje de la organización celular y la estructura de tejidos y órganos, constituyen competencias fundamentales en la formación básica de estos estudiantes. Para su logro se requiere realizar actividades de microscopía, en las que se incorporará la tecnología de MV. Sin embargo, este recurso no asegura por sí solo la mejora en la calidad de los aprendizajes si no va acompañado de la integración de estrategias pedagógicas que orienten su uso y aseguren un desafío formativo relevante.

Objetivos del trabajo:

Objetivo general:

Incorporar la MV en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Histología y Embriología en cursos básicos de carreras universitarias del área de la Salud.

Objetivos específicos:

1. Diseñar material educativo incorporando elementos y herramientas de la MV para la enseñanza en cursos de carreras de la salud.
2. Implementar el uso del material educativo en los cursos participantes en el estudio.
3. Evaluar los aprendizajes de los y las estudiantes y la percepción de docentes y estudiantes sobre el uso del material educativo.

4. Identificar las debilidades y fortalezas de la MV como recurso de aprendizaje.

Fundamentación teórica

Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y Currículo

Para llevar a cabo su currículo, la educación terciaria requiere de un modelo de trabajo creativo, abierto y participativo exigiendo, además, un profesor investigador en el aula y un modelo de proceso para la implementación del currículo (Elliott, 1996). Esto significa mejorar los procesos docentes mediante cambios de las prácticas en el aula y aprender a partir de las consecuencias de dichos cambios. Docentes informados, con actitud indagatoria y con competencias de investigación en el aula estarán en mejores condiciones para enfrentar el cambio (Briones, 1990). Tal conjunto de características expresa que el docente está en condiciones de orientar, significar e intencionar su actuar docente, teniendo a la vista la propuesta formativa en la que se inserta su trabajo.

El uso de las TIC en la docencia universitaria tiene un enorme impacto en atención al número de estudiantes matriculados en el sistema. Chile ha experimentado una importante expansión tanto de instituciones de educación superior como de estudiantes. Los datos muestran que la matrícula se ha triplicado en las últimas dos décadas (Benvenuto, 2003). La inserción de las TIC en educación plantea nuevos escenarios, que requieren una revisión profunda de la educación en sus diversos aspectos. En efecto, la modalidad de enseñanza, las metodologías, la forma de acceder y adquirir conocimientos, los recursos utilizados, entre otros aspectos, son instancias afectadas por la incorporación de estas tecnologías.

De acuerdo a UNESCO, para aprovechar de manera efectiva el poder de las TIC en educación, se deben cumplir tres condiciones esenciales: a) alumnos y docentes deben tener suficiente acceso a las tecnologías digitales y a Internet en las salas de clases e instituciones de formación y capacitación docente; b) alumnos y docentes deben tener a su disposición contenidos educativos en formato digital que sean significativos, de buena calidad y que tomen en cuenta la diversidad cultural; c) los docentes deben poseer las habilidades y conocimientos necesarios para ayudar a los alumnos a alcanzar altos niveles académicos mediante el uso de los nuevos recursos y herramientas digitales (UNESCO, 2004).

Por sí mismas, las TIC e Internet no educan ni constituyen una herramienta de aprendizaje, ni tampoco son una fuente de soluciones para el mejoramiento de la calidad, ni la innovación del proceso docente. Las TIC son útiles, sin embargo, como plataforma sobre la que es posible sustentar la innovación del proceso educativo, para mejorar su eficiencia y calidad, pero no son suficientes. Para que ello ocurra, deben considerarse las formas que adquieren por su inclusión las relaciones y las interacciones existentes entre cuatro elementos del proceso docente: Medios (TIC), personas (díada profesor-alumno), roles de las personas, y la organización que tienen o se da entre estos elementos (Benvenuto, 2003). Por otra parte, Hopenhayn (2004) plantea que la incorporación de soportes informáticos y audiovisuales es un gran aporte para la educación, en tanto enriquece los métodos de enseñanza y aprendizaje, torna accesible a alumnos y profesores todo tipo de conocimientos e información actualizados, revoluciona las capacitaciones docentes, facilita la educación a distancia, torna más eficiente la gestión educacional y hace más participativos los procesos de aprendizaje. Las TIC constituyen un medio habilitante extraordinario para el diseño de entornos de aprendizaje y la materialización de un modelo de enseñanza aprendizaje de tipo constructivista. A partir de un núcleo temático básico es posible ir construyendo aprendizajes por medio de la colaboración y aportes tanto de contenidos

como de experiencias que se brindan a través de redes de colaboración que se van conformando entre los académicos y sus estudiantes (Benvenuto, 2003).

Según el modelo educativo, la concepción constructivista del aprendizaje es la que guía el proceso y nos indica que “aprendemos cuando somos capaces de elaborar una representación personal sobre un objeto de la realidad o contenido que pretendemos aprender. Esa elaboración implica aproximarse a dicho objeto o contenido con la finalidad de aprehenderlo; se trata de una aproximación desde las experiencias, intereses y conocimientos previos que presumiblemente pueden dar cuenta de la novedad” (Coll et al, 1998). Considerando lo anteriormente expuesto, cuando se sitúa al estudiante como centro del proceso de enseñanza aprendizaje se debe tomar en cuenta su participación activa y consciente en las tareas que favorecen la construcción de sus conocimientos, habilidades y valores, además de la incorporación de diversas estrategias que den cuenta de su diversidad, de las características de los saberes asociados y la incorporación de la metodología institucional.

En la actualidad, la sociedad demanda del educador nuevas formas de enseñar y aprender, donde las TIC proporcionen espacios más motivantes y creativos, que favorezcan la construcción de conocimientos y aprendizajes más significativos (Cova et al. 2008). En este sentido, la educación universitaria en ciencias de la salud enfrenta el gran desafío de incorporar en las actividades tradicionales involucradas en la formación de ciencias básicas, recursos tecnológicos digitales que permitan abrir nuevas dimensiones y posibilidades en los procesos de enseñanza aprendizaje. Esto porque: i) posibilitan ofertar gran cantidad de información interconectada para que el usuario la manipule; ii) permiten una mayor individualización y flexibilización del proceso instructivo, adecuándolo a las necesidades particulares de cada estudiante; iii) representan y transmiten la información a través de múltiples formas expresivas, despertando la motivación de los estudiantes (Area, 2002).

Incorporación de la Microscopia Virtual (MV) en la práctica docente

La formación inicial de profesionales del área de la salud incluye asignaturas tales como Histología y Embriología, cuyos contenidos requieren que los estudiantes aprendan y realicen análisis histológico mediante observación al microscopio. Esto constituye una herramienta fundamental para el desarrollo de competencias y habilidades que permiten al profesional de la salud reconocer la organización y características citológicas normales de los tejidos biológicos, así como sus alteraciones patológicas (Peña Amaro, 2006). En el abordaje de los contenidos curriculares de dichas asignaturas, el estudio teórico se complementa con trabajos prácticos en los que las y los estudiantes analizan preparados histológicos al microscopio óptico, con el objetivo de identificar adecuadamente las estructuras que le permitan interpretar y establecer un diagnóstico. Para realizar esta enseñanza práctica se requiere contar con laboratorios docentes dotados de cierto número de microscopios, así como de un conjunto relativamente importante de placas histológicas demostrativas de los diversos tejidos y órganos, procesados con técnicas histológicas específicas.

En general, los cursos de pregrado están integrados por un alto número de estudiantes, lo que implica contar con una considerable dotación de microscopios, condición que en varias universidades es difícil de satisfacer, por tratarse de un instrumento óptico de precisión, con alto costo unitario y que además requiere mantención especializada con cierta regularidad. Habitualmente no se cuenta con un número de instrumentos suficiente para que los estudiantes trabajen en forma individual, esto hace que se utilice una estrategia que implica la rotación de grupos: mientras un grupo realiza observación, el segundo grupo desarrolla actividades teóricas de seminarios, etc. Por otra parte, existe un número limitado de placas histológicas disponibles que cumplan con estándares de calidad adecuados para garantizar el eficaz desarrollo del proceso

de enseñanza-aprendizaje. Estas condiciones dificultan el aprendizaje de nuestros estudiantes, lo que podría llegar a ser causal de detrimento en habilidades analíticas y el desarrollo de criterios diagnósticos que se deben aplicar posteriormente en el quehacer profesional.

El avance vertiginoso en informática educativa, unido al uso de cámaras fotográficas o de video de alta resolución acopladas al microscopio, junto al desarrollo y perfeccionamiento de programas para la captura, edición y análisis de imágenes, han permitido digitalizar las placas histológicas (García, 2001). Hoy estas pueden ser escaneadas a muy alta resolución para generar una placa virtual completa (*whole slide imaging, WSI*). Estos archivos de datos de gran tamaño pueden ser almacenados en servidores, desde donde pueden ser accedidos mediante internet y visualizados en computadores u otros dispositivos electrónicos (ver por ejemplo www.microscopiavirtual.cl). El desarrollo de *software* que emula el funcionamiento de un microscopio impulsó el surgimiento de la MV, poniendo la tecnología no sólo al servicio de la Patología Digital, sino que además constituyéndose en una valiosa herramienta de aplicación docente para la enseñanza y evaluación de contenidos prácticos a distancia (Oriol et al, 2014). En términos generales, la MV contempla: i) observación de una muestra histológica mediante un microscopio automatizado; ii) captura y digitalización de la totalidad de la placa a través de múltiples imágenes de muy alta resolución; iii) generación de una placa virtual (concepto WSI); iv) almacenamiento en servidores con gran capacidad; v) acceso a los WSI para navegar y observar a distancia.

Muchas universidades y otras instituciones de enseñanza en diversos países poseen sitios *web* con microscopios virtuales (García, 2001) poniendo a disposición de docentes y estudiantes amplio repositorios de placas virtuales. La digitalización, además de establecer altos estándares de calidad comunes para todos los estudiantes, permite incorporar el uso de herramientas didácticas tales como anotaciones, mediciones y generación de documentos personales, permitiendo autonomía en el aprendizaje y personalización del proceso educativo. Finalmente, reduce la necesidad de espacio físico para el almacenamiento de placas histológicas convencionales, así como los costos asociados a la mantención preventiva de los microscopios utilizados en los diferentes cursos.

La MV se está destacando cada vez más como un aporte a la innovación en educación, investigación y diagnóstico clínico (Tuominen and Isola, 2009), gracias a su manejo amigable, fácilmente adaptable a diferentes tipos de usuarios (Hamilton et al, 2012). Los congresos internacionales de Microscopía/Patología Virtual incluyen sesiones destinadas a las aplicaciones de MV en docencia y educación a distancia (Quatresooz et al, 2014). La conclusión ampliamente aceptada en la comunidad es que los estudiantes se adaptan rápidamente a la innovación tecnológica, valorando la calidad y excelente resolución de las placas virtuales, la conveniencia de poder acceder remotamente al material sin tener que depender necesariamente de la sala de microscopía. Estudios sobre la forma en que los educandos llevan a cabo las actividades de aprendizaje bajo MV muestran que el análisis histológico realizado en la pantalla de un computador no es diferente al que realizan bajo un microscopio convencional (Dimitrolos et al, 2014; Ichiro & Yoshiyuki, 2014).

Situación actual en Chile

A la fecha no existen en Chile cursos de Histología/Embriología que utilicen esta tecnología. Al revisar ofertas de cursos que señalan incorporar 'microscopía virtual', la mayoría de las veces es posible constatar que se trata de material disponible mediante internet consistente en meras fotografías digitales estáticas de regiones pequeñas de un tejido. El uso inadecuado del término puede llevar a confusión inicial, por lo que es necesario enfatizar que la MV propiamente tal consiste en la obtención

de un equivalente digital de una placa histológica completa, que incluso puede contener varios planos de profundidad (eje z). Esto no es posible de obtener en una fotografía histológica convencional.

En Europa, particularmente en las Universidades de Heilbronn y Münster, con quienes el equipo ha mantenido colaboración y contacto, estos cursos y actividades prácticas se llevan a cabo en forma exitosa mediante un sistema similar. Esta colaboración académica ha permitido conocer de primera mano las diversas instancias, problemática y soluciones asociadas a la incorporación de esta tecnología en las actividades académicas. Durante el 2013, un integrante del equipo de investigación, tuvo la oportunidad de visitar la Facultad de Medicina de la Universidad de Münster, formándose una idea cabal del funcionamiento del sistema de enseñanza bajo MV, apreciando la factibilidad de incorporar la tecnología en nuestro país. Esto es particularmente importante, pues los investigadores chilenos ya cuentan con un equipo escaneador de tejidos.

Inicialmente, en colaboración con el Dr. Niels Grabe del TIGA Center de la Universidad de Heidelberg, que permitió alojar un pequeño repositorio de placas histológicas virtuales, se realizaron las primeras experiencias piloto a nivel de pequeños grupos de alumnos, tanto para estudiantes de Escuela de Verano (años 2011 y 2012) como en cursos de perfeccionamiento docente del programa PEC para el Magisterio (2011). Durante el 2013 se realizó otra experiencia piloto que consideró trabajos prácticos de Histología voluntarios, para un grupo de 30 alumnos de Medicina (Díaz et al, 2013). El segundo semestre de 2014, trabajando en conjunto con dos profesionales Metodólogas de la Unidad de Desarrollo de la Docencia de Pregrado de la Facultad, se ha llevado a cabo una Jornada de Habilitación Docente y dos trabajos prácticos con guías metodológicas y MV para 230 estudiantes de Medicina (Revista El Pulso, Julio 2014; Díaz et al., 2015).

Recientemente, el Centro de Patología Digital Asistido por Internet (CPDAI), a través del Proyecto FONDEF D11I1096 adquirió el equipo Hamamatsu Nanozoomer-XR (www.hamamatsu.com/jp), un escaneador de tejidos de última generación. Este equipo se encuentra disponible para el escaneo y generación del repositorio de placas virtuales requeridas en los diversos proyectos educativos que incorporen MV, tanto en la Facultad de Medicina como otras Facultades de la Universidad, o en Universidades regionales, como la Universidad de Magallanes, con quienes ya se han sentado las bases de un proyecto colaborativo en esta dirección. En una proyección aún más amplia, las herramientas educativas desarrolladas permitirán a futuro incorporar la tecnología de MV en diversos niveles del sistema de enseñanza nacional, desde educación básica, enseñanza media y superior, tanto en Chile como en los demás países de Latinoamérica.

Metodología

Desde la perspectiva cualitativa, esta investigación y experiencia educativa propone describir e interpretar la utilización y usabilidad de la MV en la enseñanza de la Histología y Embriología a partir de percepciones de los docentes y estudiantes.

La experiencia se inició con un estudio piloto que consideró a un total de 230 estudiantes de 1er año que cursan la asignatura Histología-Embriología en la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, incorporando posteriormente una experiencia en una universidad regional que imparte carreras de la Salud, como es el caso de la Universidad de Magallanes.

El nivel de estudios de la muestra se limitó al primer año de la carrera debido a que: i) los cursos con contenidos de Histología/Embriología se disponen curricularmente en

los primeros años de formación y ii) los estudiantes de primer año constituyen un grupo sin experiencia en Histología ni en el uso de MV, lo que es relevante a la hora de evaluar resultados del estudio.

La ejecución del trabajo contempló tres etapas:

Etapa Inicial: Análisis y gestión de recursos y materiales, para lo cual se consideraron las siguientes acciones:

- Generación de una base de datos de placas histológicas virtuales
- Construcción de material educativo como guías de aprendizaje para el docente y el estudiante, que apoye metodológicamente el uso del recurso digital
- Diseño de pautas de evaluación de aprendizaje.
- Encuestas de percepción sobre el uso del material educativo a estudiantes y docente.

Etapa de Desarrollo: Habilitación docente e implementación de la metodología. En esta etapa se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- Habilitación de académicos y estudiantes en microscopía virtual y utilización de guías.
- Aplicación de pretest en todos los sujetos de la muestra de las carreras y universidades seleccionadas.
- Uso de MV y de guías de aprendizaje, considerando que las guías son material pedagógico que le da sentido y profundidad a las tareas e interacciones que realiza el docente y los estudiantes con el microscopio virtual; en tiempos considerados en la planificación del curso como horario no presencial.

Etapa Final: Evaluación y conclusiones. Se llevarán a cabo las siguientes acciones:

- Aplicación de encuesta de percepción sobre el uso de material educativo a estudiantes y docentes.
- Análisis y procesamiento de la información, como acciones metodológicas posteriores a la recolección de la información; se incorporan las experiencias de otra universidad.
- Conclusiones, generación de conocimiento sobre esta experiencia.
- Difusión de la investigación, considerando la presentación en congresos de educación y preparación de manuscrito para presentación en revista indexada.

Implementación

En la implementación de la experiencia se consideraron las siguientes etapas:

1. Etapa inicial donde se generó una base de datos de placas histológicas virtuales, de acuerdo a los logros de aprendizajes propuestos en los cursos.

Figura 1. Generación de placas histológicas virtuales en equipo escaneador de tejidos Nanozoomer XR. A) El proceso se inicia con las placas histológicas convencionales, etiquetadas según código de registro para almacenaje de las imágenes digitalizadas; B) El escaneador de tejidos automatizado permite almacenar y procesar hasta 320 placas; C) La placa histológica virtual puede ser observada a distintos aumentos (desde imagen panorámica hasta 100X), seleccionados mediante un software de emulación de un microscopio óptico; D) Conjuntos de placas virtuales son organizados en bases de datos, de acuerdo a propósitos docentes específicos.

2) Posteriormente la experiencia contempló la apropiación metodológica por parte de los expertos disciplinares, en la que se trabajó junto a asesores del área educacional y culminó con la elaboración de 2 guías de trabajo práctico bajo la metodología Syllabus. La primera abordó un tejido básico (Tejido Nervioso) y la segunda estuvo orientada a la organología (Tubo Digestivo). Estas guías didácticas incluyeron actividades iniciales de motivación, secuencia de actividades diseñadas para la apropiación del contenido disciplinar, actividades de cierre y de evaluación formativa (ver Anexo 1).

3) La siguiente etapa estuvo dirigida hacia la capacitación en MV del equipo docente, mediante la realización de talleres apoyados por asesores pedagógicos, en el uso de las herramientas de observación y análisis provistas por esta tecnología.

4) Posteriormente se contempló la aplicación de las guías metodológicas desarrolladas, así como la evaluación del aprendizaje del contenido y una evaluación cualitativa de la experiencia, tanto por los estudiantes como por los docentes participantes.

Actualmente, el estudio se encuentra en etapa de evaluación de la experiencia, planes de mejora y proyección a nivel nacional, así como a diversos ámbitos de la educación médica, tanto a nivel de pregrado como post-grado.

Resultados Tecnológicos

Escaneo de placas y generación de base de datos de MV

Una de las primeras etapas de la implementación tecnológica consistió en la generación de una base de datos, o repositorio de placas histológicas virtuales, de las muestras de tejidos y órganos que iban a ser requeridas por los alumnos al trabajar con sus guías prácticas. Para este propósito, Histólogos de vasta experiencia en la disciplina revisaron las placas que forman parte del stock de docencia que mantiene el Programa de Anatomía y Biología del Desarrollo para la enseñanza práctica. Teniendo en mente aspectos relacionados con la evaluación, las mejores muestras de cada tipo de tejido y/u órgano fueron seleccionadas en duplicado.

Los criterios de inclusión considerados para la selección de preparados fueron:

- i) Tipo de muestra (tejido u órgano) igual o equivalente a la que observan tradicionalmente los alumnos al microscopio óptico.
- ii) El tamaño del portaobjeto de la muestra seleccionada debe corresponder exactamente a las medidas que acepta el microscopio escaneador, debido a que el proceso es completamente automatizado. Tampoco debe presentar melladuras en sus bordes.
- iii) La muestra no debe presentar exceso de bálsamo para adherir el cubreobjeto, pues esto introduce problemas en el mecanismo de foco automático.
- iv) La muestra no debe presentar trizaduras, ni rayas en la zona de observación.

Se creó un registro detallado de cada muestra escaneada, ingresando en una planilla Excel información básica concerniente a: identificación (código manual preexistente), tipo de tejido, especie de procedencia y técnica de tinción utilizada. En cada caso, comentarios sobre aspectos destacados o deficitarios de cada muestra fueron también consignados en la planilla.

La imagen panorámica de la placa escaneada incluye una etiqueta de identificación para registro y trazabilidad, el que fue impreso en una etiqueta autoadhesiva que se incorpora a cada portaobjeto, quedando así asociado a un código de identificación único. Dicho código contiene: nombre abreviado de la institución que solicita el servicio, número de la orden de trabajo, número de placa correlativo según la cantidad incluida en la orden y la descripción del servicio que se ofrece para dicho preparado. La etiqueta es escaneada conjuntamente con la placa y permite visualizar la imagen Data Matrix, el texto del código, así como fecha y hora de su impresión.

Las opciones de digitalización en campo claro que ofrece el equipo consideran magnificaciones de 20x o 40x, lo que incide directamente en el tamaño del archivo de datos. Las placas histológicas virtuales utilizadas en este proyecto han sido generadas a partir de un escaneo de 40x. Aunque el equipo puede escanear de manera automática, con el propósito de obtener placas virtuales de la mejor calidad posible, se prefirió realizar el proceso de manera asistida por operador, seleccionando además la modalidad de pre-enfoque que permite ajustar cambios en el plano focal debido a pequeñas variaciones de grosor de los cortes histológicos.

Una muestra de tejido de un tamaño de 15x15mm es escaneada en aproximadamente 45 segundos, con una resolución de 0,23 μ m (tamaño del pixel), generando un archivo de datos de alrededor de 45GB. Las muestras de tejido normal más frecuentes generan archivos en un rango de tamaño que fluctúa entre 20 a 50GB. El software del equipo genera archivos comprimidos en formato NDPI, con tamaños que oscilan entre 1 a 4 GB, sin perder la calidad y resolución de la imagen. Este formato de archivo es visualizado mediante el software NDPviewer, que puede ser bajado sin costo desde el sitio *web* del fabricante.

A la fecha se han digitalizado alrededor de 90 placas histológicas, lo que ha generado alrededor de 200GB de información. Las placas histológicas virtuales generadas constituyen el actual repositorio de trabajo y están almacenadas en un servidor del CPDAI, en el laboratorio Scian-Lab. Los usuarios, profesores y alumnos, obtienen

acceso al repositorio a través del portal www.microscopiavirtual.cl. El académico encargado del proyecto tiene privilegios que le permiten acceder al repositorio completo, pudiendo organizar y coordinar diferentes carpetas de trabajo, asignando cuentas individuales a profesores y cursos específicos, quienes pueden acceder a las placas virtuales a través del software de visualización desde la *web* (Figura 1). Bajo esta modalidad, se ha trabajado con microtecas virtuales en: i) cursos de verano dirigidos a estudiantes de enseñanza media; ii) curso de Histología para alumnos de 1er año de la carrera de Medicina; iii) mini-cursos piloto para equipos docentes de la Universidad de Magallanes en nuestro país y de la Universidad de El Salvador, en Centroamérica. Cada curso dispuso de una cuenta de usuario y contraseña, con acceso habilitado en periodos de tiempo definidos por el académico responsable. CPDAI mantiene personal técnico dispuesto para atender posibles situaciones imprevistas durante la ejecución de los cursos.

b) Aspectos que dificultan la generación de un repositorio

Una vez seleccionadas las muestras adecuadas, éstas deben ser limpiadas acuciosamente previo a la etapa de escaneo, eliminando partículas de polvo y restos de medio de montaje que puedan afectar la calidad de la imagen obtenida. Muchas de las placas histológicas del stock utilizado en este proyecto son muy antiguas y algunas han perdido notoriamente su tinción, resultando demasiado claras para su escaneo.

Como consecuencia natural de su uso docente, cierto número de muestras presentan cubreobjetos rayados o trizados, lo que disminuye el número de placas adecuadas para escanear. La presencia de dobleces o roturas en el tejido es un aspecto no deseable que no siempre puede ser evitado, debido a que en algunos casos suele ser inherente al procedimiento histológico. Se trató de minimizar al máximo esta situación. Si la cuchilla utilizada durante el proceso de corte no posee filo homogéneo, el tejido presentará zonas más gruesas que otras, lo que dificulta, y en ocasiones impide, la obtención de foco durante el proceso de escaneo. Algunas placas muy antiguas, en las que se utilizó resina natural como medio de montaje, evidencian un notable obscurecimiento, lo que inevitablemente se evidencia en la placa virtual obtenida.

El microscopio escaneador NanozoomerXR funciona en forma automatizada y está calibrado para que su instrumental manipule y escanee muestras montadas en portaobjetos de tamaño estándar (75x25x1mm), por lo que hubo un número de buenas muestras que no fue posible escanear por presentar mínimas diferencias de tamaño. Se está analizando la posibilidad de remontar la muestra o hacer nuevos preparados en estos casos.

c) Evaluación de conectividad y accesibilidad remota

Durante la ejecución de las diversas etapas del proyecto se fue testeando la efectividad de la conexión al servidor CPDAI. En la fase de Habilidad Docente, un total de 30 usuarios se conectaron y trabajaron simultáneamente en observación, medición y anotaciones sobre los preparados virtuales, desde los computadores de la Facultad. Durante el desarrollo de los trabajos prácticos en la carrera de Medicina, los 230 usuarios pudieron acceder al servidor sin ningún tipo de dificultad o demora, ya sea desde la Facultad o bien desde sus hogares.

La conectividad y accesibilidad ha sido también testada mediante la experiencia piloto que realizaron los docentes de la Universidad de Magallanes, donde no se registraron problemas de conectividad y acceso remoto al repositorio. Los profesores y alumnos han podido acceder a carpetas específicas de preparados, desde computadores con conexión a internet, o desde dispositivos móviles tales como tablets y teléfonos celulares, en algunos casos mediante acceso WiFi.

Resultados pedagógicos:

Se generaron guías prácticas de MV, utilizando la metodología *Syllabus*, orientada hacia la mejora en la calidad del aprendizaje. Dichas guías se estructuraron incorporando una actividad introductora cuyo propósito fue la motivación y relevancia del conocimiento previo en los estudiantes. Las actividades de desarrollo incluyeron una parte instruccional, relacionada con el uso de la MV así como actividades de aprendizaje para los contenidos disciplinares, incorporando además una herramienta de evaluación. En la actividad de cierre se presentó la síntesis de ideas fuerzas aprendidas en la guía. Un ejemplo de la guía práctica se muestra como material complementario en el Anexo-1.

Para poner las guías de MV al alcance de los estudiantes, éstas fueron subidas a la plataforma intrauniversidad 'U-cursos', que permitió que los estudiantes las visualizaran *on-line* en formato '*word*' para la introducción de notas de estudio y respuestas a las preguntas planteadas en las actividades. También podían descargar las guías en formato pdf. Los estudiantes contaron con un tutor docente a cargo de un grupo pequeño de 20-22 estudiantes, respondiendo dudas y consultas a través de correo electrónico.

Los estudiantes se desempeñaron en forma autónoma, resolviendo las guías a su propio ritmo y en los tiempos que consideraron personalmente más adecuados. Se apreció valoración y aceptación de la metodología, tanto por los estudiantes como por los docentes del curso. Los equipos docentes comprendieron que la MV viene a complementar otras estrategias metodológicas que utilizan en el curso, que placas histológicas de muy buena calidad pueden ser vistas por todos los estudiantes, optimizando así su utilización. Los estudiantes, por su parte valoraron la facilidad y uso intuitivo del software de visualización, la posibilidad de revisar los preparados bajo todos los aumentos disponibles las veces que fuese necesario y la posibilidad de hacer mediciones y anotaciones. (Díaz et al., 2015).

En términos generales, las actividades prácticas y de evaluación a distancia incorporaron efectivamente las TIC, tanto en el proceso de enseñanza-aprendizaje del estudiante, como en la praxis docente, favoreciendo el uso del tiempo no presencial del curso y la autonomía de los estudiantes. Por otra parte, la experiencia permitió detectar diversos puntos críticos en la introducción de la tecnología. Entre ellos se debe mencionar una resistencia inicial, tanto a nivel docente como estudiantil, al cambio en el paradigma de enseñanza. El logro de autonomía en el aprendizaje se aprecia como un proceso gradual, razón por la cual en la segunda instancia de aplicación de las guías metodológicas se introdujo una actividad complementaria que incluyó imágenes en las que se incorporaron algunas anotaciones básicas de orientación histológica. También se ofreció la opción de realizar las observaciones microscópicas en una sesión presencial convencional, pero los estudiantes prefirieron marcadamente la actividad con MV.

Conclusiones y proyección

En el corto plazo, es posible concluir que este proyecto permitió incorporar una metodología innovadora de primer nivel en la enseñanza dirigida a profesionales de la salud. Esta favoreció los aprendizajes de la histología, pero además brindó a los estudiantes la oportunidad de revisar en más de una ocasión el material histológico complementario a los contenidos teóricos, haciendo un mejor uso del tiempo no presencial del curso, atendiendo de esta forma a los desafíos de la formación en salud. Hoy los equipos docentes cuentan con un número significativamente importante de placas virtuales de alta calidad y las microtecas digitales ya están siendo puestas al

servicio de la enseñanza y aprendizaje en la educación superior. La tarea más inmediata es aumentar el número de trabajos prácticos que utilicen MV en diversas carreras de la Facultad y habilitar a un mayor número de docentes para que conozcan el potencial de esta herramienta.

A mediano plazo, el equipo investigador proyecta desarrollar una plataforma educativa que permita elaborar actividades de autoaprendizaje en ciencias de la salud y completar un repositorio de preparados virtuales docentes, que dé respuesta a un número más amplio de contenidos. La inclusión en carreras de pedagogía y ciencias básicas se aprecia como una proyección natural. También se contempla adaptar la metodología orientándola hacia el nivel escolar, como es la enseñanza media, específicamente en la línea científica de Biología.

A largo plazo, se proyecta incorporar esta estrategia tecnológico-metodológica en otros contextos, en primera instancia en otras universidades que ofrecen carreras de la salud con contenidos de Histología y Embriología, contemplando además la incorporación de cursos de Anatomía Patológica. En esta dirección, los investigadores de CPDAI están incorporando en el estudio varios componentes cuantitativos (Berendsen et al, 2014) tales como software de análisis de imágenes desarrollados por SCIAN-Soft, así como paquetes comerciales de la empresa Visiopharm (www.visiopharm.com), con miras a implementar el entrenamiento y acreditación en patología clínica en el futuro, perspectiva exitosamente desarrollada en Europa (www.nordiqc.org).

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la concurrencia del Programa de Anatomía y Biología del Desarrollo, del ICBM, Facultad de Medicina, cuyas placas histológicas han permitido generar el repositorio de placas virtuales utilizadas en este trabajo.

Financiado mediante los Proyectos FONDEF D11I1096 (ED, AG, JL, SH), U-Redes BioMedHPC (SH) Fondecyt 1151029, (SH, RR) y National Center for Tumor Disease (NG).

Referencias Bibliográficas

1. Area, M.: La Tecnología Educativa y el desarrollo e innovación del currículum. Ponencia presentada en el XI Congreso Nacional de Pedagogía, San Sebastián, España.(2002)
2. Benvenuto, A.: Las tecnologías de información y comunicaciones (tic) en la docencia universitaria. Departamento de Contabilidad y Auditoría, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Concepción, Chile, <http://www.udec.cl/abenven>(2003)
3. Berendsen J., Las Heras, F., Jofré C., Hoyos L., Mardones R.: Optimization of the number of Chondrocytes derived from Bone Marrow-Mesenchymal Stem Cell (BM-MSCs) seeded in type I and III collagen matrix membrane. 11th World Congress of the Intl. Cartilage Repair Society, Sept 15 – 18, Izmir, Turkey.(2013)
4. Briones, G.: La investigación en el aula y en la escuela. Convenio Andrés Bello, Bogotá, Colombia.(1990)
5. Coll, C., Martín, E., Mauri, T., Miras, M., Onrubia, J., Solé, I., Zabala, A.:“El constructivismo en el aula” Editorial Graó, Barcelona, España.(1998)

6. Cova, A., Arrieta, X., Riveros V.: Análisis y comparación de diversos modelos de evaluación de software educativo. *Enl@ces: revista Venezolana de información y tecnologías y conocimiento*, 5 (3); 45-67. (2008)
7. Díaz, E., Bosco, C., García, A., Figueroa, C., Gutiérrez, S., Hartel, S.: Incorporación de la Tecnología de Microscopía Virtual en Histología para la Enseñanza Superior. 1era. Jornada Experiencias y Diseño Curricular e Innovación Docente, 20 Marzo 2015, Unidad de Desarrollo Docencia de Pregrado, Facultad de Medicina Universidad de Chile. (2015)
8. Díaz, E., García, A., Rojas, R., Henríquez, P., Herrera, J., Lee, K., Grabe, N., Hartel, S.: Virtual microscopy for professional development and University Education in Chile. 3rd European Conference on whole slide imaging and analysis. November 2013, Heidelberg, Germany.(2013)
9. Dimitrolos, K., Drahomira, C., Radka, L., Bela, E.:Evaluation of classical and virtual slide teaching methods of practical histology.12th EuropeanCongresson Digital Pathology, Paris, 18 a21 June.(2014)
10. Elliott, J.: El cambio educativo desde la investigación-acción. (ISBN: 9788471123831) Ediciones Morata, Madrid, España.(1996)
11. García, M.: Microscopios virtuales: Aspectos actuales y futuros de la digitalización de preparados histológicos y citológicos. IV Congreso Virtual Hispanoamericano de Anatomía Patológica, <http://conganat.uninet.edu/IVCVHAP>. (2001)
12. Hamilton, et.al. Virtual microscopy and digital pathology in training and education.*APMIS*,120(4):305 a 315. doi: 10.1111/j.1600-0463.2011.02869.x.(2012)
13. Hopenhayn, M.: Brechas de sentido entre las tics, la cultura y la educación. *Perspectiva* Nro. 5 64 a 67. (2004)
14. Ichiro, M., Yoshiyuki, O.: Discrepancies between diagnoses of real and virtual microscopy with intra and inter-observer's variation. 12th European Congresson Digital Pathology, Paris, 18 a 21 June.(2014)
15. Oriol, O.,et al.: Teaching anatomical pathology at the University of Barcelona: Transition to virtual slides and virtual microscopy. 12th European Congresson Digital Pathology, Paris, 18 a 21 June.(2014)
16. Peña Amaro, J.: Competencias habilidades en Histología Médica: El potencial formativo de la observación microscópica. *Estudios de calidad e innovación de la Universidad de Córdoba*, año 4.(2006)
17. Quatresooz, P., Defaweux, V., Rollus, B., et al.: Using a rich internet application to teach histology. 12th European Congresson Digital Pathology, Paris, 18-21 June.(2014)
18. La tecnología digital al servicio de la docencia. *Revista El Pulso/Julio*, Facultad de Medicina <http://elpulso.med.uchile.cl/20140820/noticias6.html>). (2014)
19. Tuominen, V.J., Isola, J.:The application of JPEG2000 in virtual microscopy. *J Digit Imaging.*, 22(3): 250 a 258.(2009)
20. UNESCO: Las tecnologías de la información y la comunicación en la formación docente: Guía de planificación. Ediciones Trilce.(2004)