

Implementación de actividades pedagógicas mediadas por el uso de imágenes digitales obtenidas a partir de preparaciones histopatológicas del laboratorio de parasitología

Implementation of pedagogical activities mediated by the use of digital images obtained from histopathological preparations from the parasitology laboratory

María Camila Pomárico^{ID}, Valentina Vargas^{ID}, Ivonne Soler^{ID}, Sergio Hernández-Vela^{ID}, Marcela Gómez-Garzón^{ID}

Resumen

Introducción: En los laboratorios de la cátedra de Microbiología se utilizan láminas portaobjetos con cortes histológicos de tejidos afectados por parásitos, que corren el riesgo de romperse fácilmente por la manipulación constante. Sin embargo, un gran número de estudiantes observan únicamente el campo microscópico seleccionado por el profesor y no tienen la posibilidad de revisar las alteraciones fisiopatológicas microscópicas en las preparaciones histológicas de los órganos. El advenimiento de los microscopios robóticos capaces de escanear y digitalizar portaobjetos de vidrio completos resulta ser una alternativa para lograr actividades prácticas más dinámicas para quienes asisten como educandos en el siglo XXI. A diferencia de los archivos de imágenes digitales convencionales que alimentan las aulas virtuales, y normalmente exhiben una sola vista, los archivos de Imágenes de Láminas Completas (WSI, por sus siglas en inglés: Whole Slide imaging) están formateados como pirámides de múltiples resoluciones para optimizar el rendimiento del visor en tiempo real y las imágenes se pueden compartir fácilmente a través de Internet. **Objetivo:** El objetivo de este estudio fue evaluar la apreciación de los estudiantes de medicina en relación con el uso de WSI en el contexto de dos casos de planteados para su abordaje durante las prácticas del laboratorio de parasitología. **Métodos:** Se evaluaron estudiantes de medicina del 5 al 10 semestre, previa digitalización de dos cortes histopatológicos que hacen parte de la colección de biopsias de parásitos del curso de Microbiología, y se planteó una aplicación clínica para cada caso. Por correo electrónico se enviaron las indicaciones de uso, los escenarios clínicos de aplicación y las WSI. Así mismo, se aplicó un instrumento de medición y recolección de información (encuesta en línea) que utilizó la escala Likert con un rango de ponderación entre 1 y 5, para evaluar la calidad de las fotografías digitalizadas y el comportamiento y funcionalidad de la herramienta para cada educando. **Resultados:** El 60% de los estudiantes evaluaron la herramienta WSI como muy fácil para acceder, ampliar y recorrer en las imágenes seleccionadas, 60% calificaron como fácil la posibilidad de localizar e identificar el parásito; y el 80% de los encuestados estuvieron interesados en aprender a manejar este recurso didáctico. **Conclusiones:** Los archivos

* Estudiante de Medicina Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Semillero SIMIC. mepomario@fucsulud.edu.co

Estudiante de Bacteriología Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Semillero SIMIC. vvargasc@unicolmayor.edu.co

Profesor Asistente Citohistotecnología. Grupo Célula y Tejido. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. jsoler@fucsulud.edu.co

Profesor Titular. Instituto Ciencias Básicas. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. shernandez@fucsulud.edu.co

Profesor Titular. Grupo de Ciencias Básicas. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Líder Semillero SIMIC. Correo de Correspondencia: mgomez@fucsulud.edu.co

Recepción: 12/09/2023. Aceptación: 30/01/2024

Cómo citar este artículo: Pomárico MC., Vargas V., Soler I., Hernández-Vela S., Gómez-Garzón M. Implementación de actividades pedagógicas mediadas por el uso de imágenes digitales obtenidas a partir de preparaciones histopatológicas del laboratorio de parasitología. Hechos Microbiol. 2023;14(2). DOI: 10.17533/udea.hm.v14n2a03

de Imágenes de Láminas Completas (WSI) fueron considerados con valoraciones cuantitativas muy altas por los estudiantes que participaron en el estudio y generaron creciente interés para su uso en el futuro.

Palabras Clave: láminas, imágenes, escáner

Abstract

Introduction and objectives: In the laboratories of microbiology, slides with histological sections of tissues affected by parasites are used frequently, which can break easily due to constant manipulation. Moreover, a large number of students observe only the microscopic field selected by the instructor and do not have the possibility of reviewing the microscopic pathophysiological alterations in the organs. The introduction of robotic microscopes, capable of scanning and digitizing complete slides, is an alternative to achieve more dynamic practical activities for those who assist as learners in the 21st century. Unlike conventional digital image files that feed virtual classrooms, which typically display a single view, Whole Slide Imaging (WSI) files are formatted as multi-resolution pyramids that allow real-time viewer performance to be optimized and the images can be easily shared over the Internet. The objective of this study was to evaluate the appreciation of medical students in relation to the use of WSI in the context of two cases raised for their approach during parasitology laboratory practices. **Methods:** Medical students from the 5th to the 10th semester were evaluated, after digitizing two histopathological sections that are part of the collection of parasite biopsies from the Microbiology course, and a clinical application was proposed for each case. Indications for use, clinical application scenarios, and WSIs were sent by email. Likewise, an instrument for measuring and collecting information (online survey) was applied that used the Likert scale with a weighting range between 1 and 5, to evaluate the quality of the digitized photographs and the behavior and functionality of the tool to each learner. **Results:** Sixty percent of the students evaluated with very easy (1) to open, zoom and scroll through the WSI; 60% with easy (2) to find and identify the parasite; and 80% were interested in learning how to handle the tool. **Conclusions:** The Whole Sheet Image

(WSI) files were rated very highly quantitatively by the students who participated in the study and generated increasing interest for their future use.

Key words: slides, images, scanner.

Introducción

El uso de recursos tecnológicos de vanguardia en prácticamente la totalidad de las actividades humanas ha permeado incluso los procesos de enseñanza– aprendizaje de las actuales generaciones de educandos en todas las disciplinas del conocimiento científico y tecnológico, y han ayudado a consolidar el aprendizaje de los aspectos teóricos y aplicados incluso en las ciencias de la salud durante el transcurso del proceso formativo.

La digitalización de las láminas histopatológicas, han permitido preservar atemporalmente las imágenes obtenidas con estos recursos, para ser guardadas, revisadas y compartidas con los aprendices, quienes podrán estudiarlas y analizarlas, tal como ocurre al estar frente a un microscopio.

La implementación de microscopios robóticos para escanear y digitalizar láminas portaobjetos de vidrio completos se remonta a 1999, cuando Art Wetzel y John Gilbertson de la Universidad del Centro Médico de Pittsburgh desarrollaron un dispositivo de alta velocidad completamente automatizado capaz de generar imágenes con alta resolución a costo razonable (3). De esta forma, la adquisición de imágenes automatizadas a partir de portaobjetos completos (WSI, por sus siglas en inglés: Whole Slide Imaging), permite el procesamiento digital de imágenes con alta calidad y facilita el acceso posterior para patólogos u otros profesionales de ciencias de la salud quienes virtualmente decidan acudir a la información académica digital visual recopilada, con el propósito de revisar y compartir experiencias acerca de los casos de patología quirúrgica propuestos (4).

Los sistemas actuales de WSI contienen sistemas de iluminación, componentes ópticos del microscopio y una cámara con sistema de enfoque preciso. El producto final, una diapositiva o imagen virtual, ensamblada de diferentes formas, según el tipo de escáner utilizado (mosaico, escaneo de líneas, escaneo de sensor dual, enfoque dinámico o escaneo

de matrices). Es decir, se trata de una representación digital integral de un portaobjetos de vidrio completo, visible a resoluciones de menos de 0,5 μm , que puede ser examinada con un software interactivo en la pantalla de una computadora (5).

Desde luego, el software de visualización simula con alto grado de exactitud las características de rendimiento de un microscopio óptico cuando el observador navega libremente por una sección histológica de la imagen automatizada, logrando reproducir con gran fidelidad aspectos microscópicos visibles con los respectivos aumentos estándar (incluida la inmersión en aceite), y realizar las funciones, históricamente propias, de los microscopios ópticos convencionales (6).

Al comparar los archivos de imágenes digitales convencionales contenidos en las aulas virtuales de las universidades, y presentadas normalmente en una vista clásica estática, la tecnología WSI procesa las láminas portaobjeto de tejidos y facilita la transferencia de datos histológicos capturados para la comunidad científica en tiempo real, los cuales finalmente serán utilizados con fines pedagógicos, de investigación y diagnóstico reduciendo así la necesidad de almacenar material de vidrio y con ello evitar el riesgo de ruptura o pérdida (1,2,7–10).

En la ejecución de actividades prácticas de los laboratorios de la cátedra de Microbiología, se pretende aprender a diagnosticar patologías infecciosas al revisar secciones histológicas de tejidos afectados por parásitos. Por lo tanto, la tecnología WSI en este entorno educativo se constituye como un recurso tecnológico y didáctico de vanguardia para obtener mayor agilidad y asertividad en la revisión de las preparaciones histopatológicas presentadas, con la posibilidad adicional de compartir y debatir sobre nociones académicas entre docentes y educandos.

Las consideraciones previamente expuestas son recopiladas en este proyecto de innovación docente dirigido a estudiantes de medicina y permite cuantificar el impacto de esta propuesta pedagógica utilizando como insumo una encuesta virtual dirigida a estudiantes y ponderada dentro de la escala Likert, para valorar la herramienta WSI con dos casos clínicos propuestos de parasitología anatómica.

Materiales y métodos

El estudio se realizó con preparaciones histopatológicas de la colección del área de Parasitología y Microbiología de la Facultad de Medicina de la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS), las cuales fueron seleccionadas con estructuras parasitarias teñidas con Hematoxilina & Eosina de tejidos afectados por agentes infecciosos específicas. En el desarrollo de este estudio se tuvo en cuenta tres diferentes fases: i) diseño, ii) implementación y iii) análisis.

En la fase de diseño se realizó la búsqueda y selección de las láminas portaobjeto que serían llevadas a escáner completo utilizando el equipo Easy Scan Pro 6 de Motic® (Fig. 1a), herramienta que cuenta con el software Motic Assistance para visualizar y obtener las imágenes en concomitancia con dispositivos electrónicos del tipo computador, Ipad o tablets, logrando capturar así fotografías digitales en diferentes aumentos con alta resolución y calidad (Fig. 1b, c).

En la fase de implementación, se seleccionaron dos muestras de portaobjetos con los parásitos *Ascaris lumbricoides* y *Enterobius vermicularis* y se diseñaron los casos clínicos respectivos que contextualizan su estudio.

Por último, en la fase del análisis, se enviaron vía correo electrónico institucional las instrucciones paso a paso para descargar las imágenes, los casos clínicos correspondientes, una encuesta anónima con preguntas de selección múltiple con única respuesta a un solo intento tipo Likert en formato Google Forms y la matriz de lado a lado, a la población objeto de estudio que en la actualidad cursan entre el 5 y 10 semestre de su formación académica en medicina.

El instrumento de medición y recolección de la información (encuesta) pretendía recopilar la experiencia del estudiante con la herramienta de microscopía digital. Las preguntas planteadas fueron ponderadas en forma cualitativa y/o cuantitativa como: Muy buena, buena, regular o mala y en rangos de 0 a 5 (0= muy difícil, 5= muy fácil) para aspectos como la calidad de las fotos obtenidas, comportamiento y funcionalidad de la herramienta digital (apertura, ampliación y recorrido de las imágenes, así como la identificación del parásito). Adicionalmente, se indagó sobre el interés por parte de los encuestados para continuar utilizando este recurso y la posibilidad de capacitación para el manejo del equipo Easy Scan Pro 6 de Motic®.

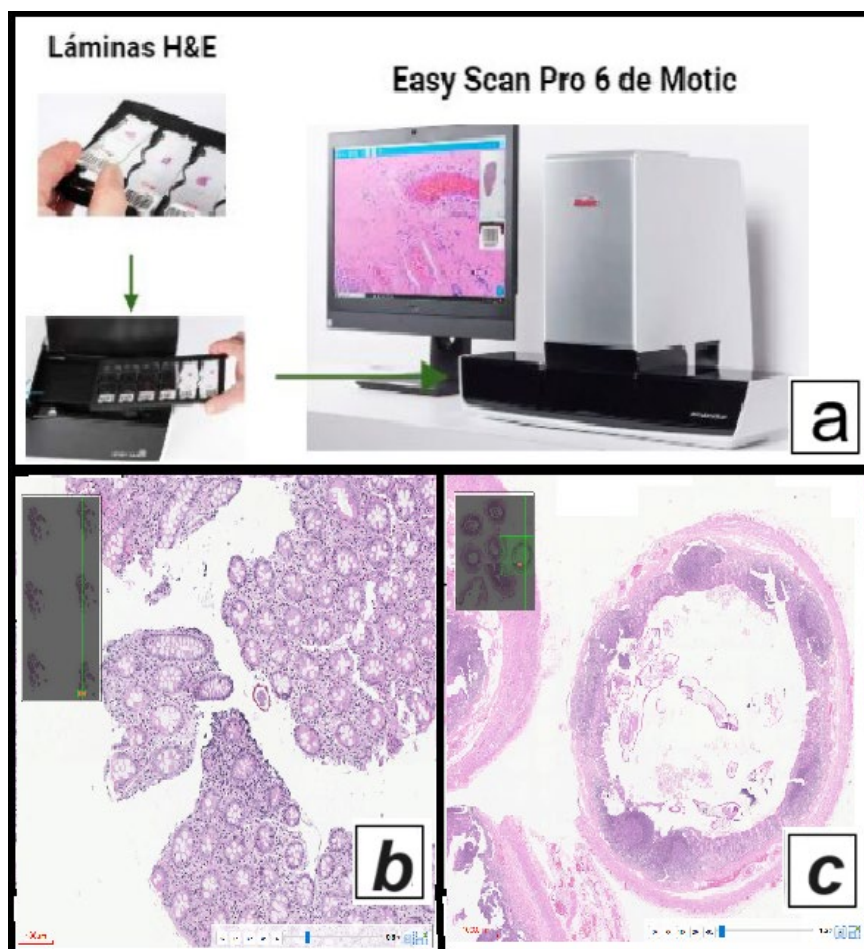


Figura 1. a. Proceso de digitalización de láminas en Easy Scan Pro 6 de Motic®. Imágenes automatizadas de portaobjetos completos seleccionadas de *Ascaris lumbricoides* (b) y *Enterobius vermicularis* (c). Una visión general del corte sin ampliación en el recuadro superior.

Resultados

Luego de la selección y procesamiento de las dos láminas histopatológicas digitalizadas de los parásitos con *Ascaris lumbricoides* y *Enterobius vermicularis*, representadas en la figura 2, acorde con la vista presentada a los estudiantes, se reporta que la apertura del archivo en el computador genera facilidad para diferentes ampliaciones de las fotografías digitales, y en particular de las zonas donde se encontraban los parásitos seleccionados.

En lo referente a las imágenes de *Ascaris lumbricoides*, los cortes histopatológicos de colon incluyeron incidencias tanto longitudinales como transversales, siendo este último el patrón predominante de la mu-

cosa epitelial, donde se observa glándulas tubulares simples y rectas, con células caliciformes y epiteliales de revestimiento cilíndrico simple (Fig. 2 a, b, c, d). Se puede detallar la lámina propia con presencia de infiltrado leucocitario de predominio linfocitario y eosinofílico, compatibles con los hallazgos paraclínicos presentados en el caso clínico. Además, se observan los huevos fecundados corticados de *A. lumbricoides* en la luz, con un tamaño de 45-50µm, de forma esférica con doble pared, y en su interior se encuentra el contenido celular que interviene en la embriogénesis, mientras por fuera se observa una cubierta irregular de glicoproteínas (Fig. 2 c, d)

Por su parte, las imágenes de *Enterobius vermicularis* corresponden a cortes histopatológicos de apéndice cecal en disposición longitudinal y transversal, siendo este último el patrón predominante. Es posible detallar la mucosa epitelial con glándulas tubulares simples rectas, células caliciformes y epiteliales de revestimiento cilíndrico simple y la lámina propia con moderado infiltrado inflamatorio polimorfonuclear transmural e intraluminal, y en la serosa hiperplasia de folículos linfoides con

centros germinales reactivos. En la luz apendicular se identifican cortes transversales de microorganismos de tipo nematodos compatibles con *E. vermicularis* (Fig.2 e, f, g, h), así como una hembra completa de *E. vermicularis* en corte transversal (Fig. 3). El adulto presenta una cutícula gruesa, alas laterales y órganos gastrointestinales. El sistema reproductor uterino se encuentra lleno de múltiples huevos en forma de D.

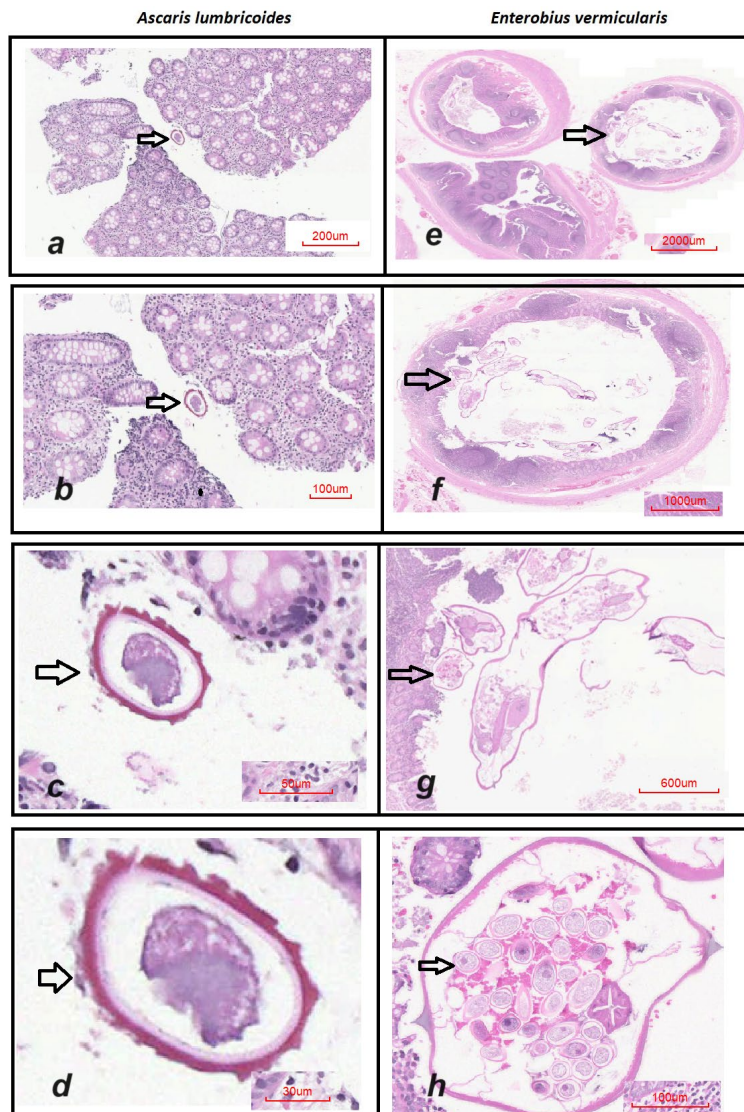


Figura 2. Imágenes automatizadas de portaobjetos completos seleccionadas con estructuras parasitarias de *Ascaris lumbricoides* y *Enterobius vermicularis* marcadas con flechas. (a y e) Una visión general de todo el frotis. (a, b, c, d) Corte histológico de colon H&E. (e, f, g, h) Corte histológico de apéndice H&E.

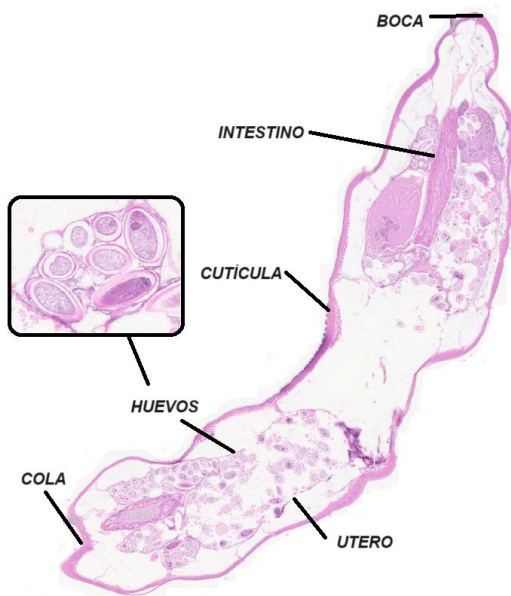


Figura 3. Estructuras de *Enterobius vermicularis* hembra, coloración H&E. Detalle de los huevos asimétricos con un lado más cóncavo que otro.

El instrumento de medición y recopilación de la información (encuesta) fue remitida a 290 estudiantes de medicina, fue contestada por 53 quienes cursan entre 5 y 10 semestre y su distribución corresponde a: 40% (21/53) de VI semestre, 28% (15/53) de VII semestre, 13% (7/53) de V semestre, 9% (5/53) de IX semestre, 8% (4/53) de VIII semestre y 2% (1/53) de X semestre.

De igual forma, el 58,5% (31/53) de los encuestados consideró la calidad de las imágenes como muy buena y por el contrario el 1,9% (1/53) reportó mala la calidad de la imagen.

Al respecto de las preguntas de la encuesta en lo relacionado con el comportamiento y funcionalidad del recurso digital didáctico, los resultados de los aprendices son presentados en la figura 4, y se reporta un 81,1% (43/53) con interés manifiesto por utilizarla en el futuro y el 84,9% (45/53) desean capacitarse en el manejo de la herramienta digital empleada en este trabajo.

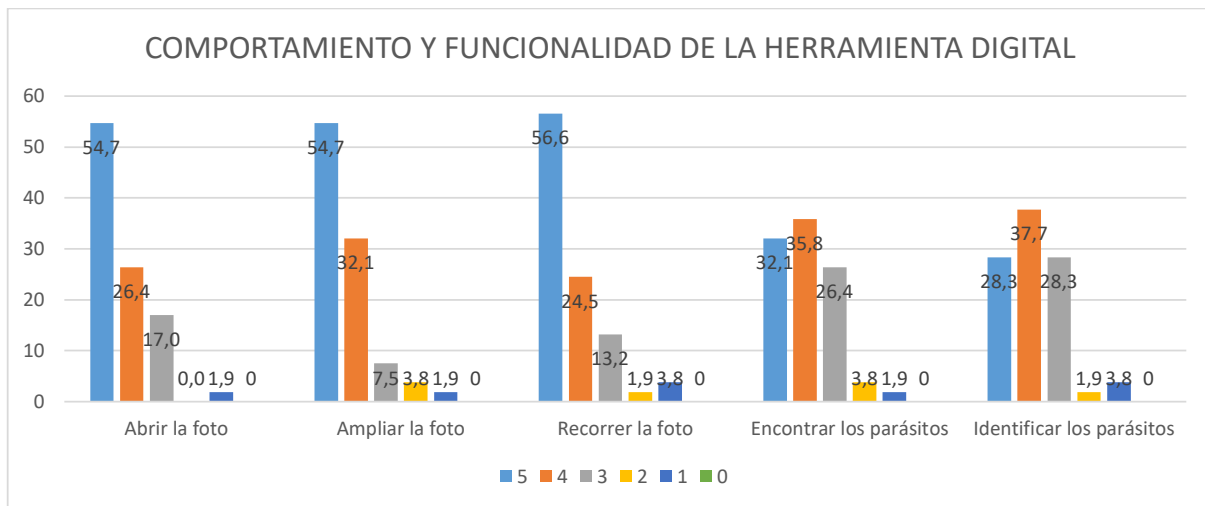


Figura 4. Distribución del comportamiento y funcionalidad de la herramienta digital de acuerdo con las encuestas. Abrir la foto, ampliarla y recorrerla fue fácil para los estudiantes, el 80% lo calificó entre 4 y 5. La complejidad de encontrar el parásito y reconocerlo se percibe en las calificaciones de 3.

Discusión

El intestino es el órgano del tubo digestivo donde residen la mayoría de los parásitos adultos, *Ascaris lumbricoides* en el intestino delgado y *Enterobius vermicularis* en el colon. En biopsias de muestras intestinales, empleadas como recursos didácticos, los estudiantes aprenden a diferenciar parásitos, residuos alimenticios y semillas de plantas, por lo tanto se recomienda la revisión sistemática y reiterada de imágenes de referencia donde se puedan identificar estas características histológicas e histopatológicas (11,12). La disponibilidad de microscopios y preparaciones parasitológicas es limitada en las universidades, y el riesgo de ruptura tras su manipulación continua ha llevado al docente a tomar la decisión de enfocar el área precisa de ubicación del parásito, lo anterior reduce en el estudiante la posibilidad de revisar y estudiar los cambios histopatológicos en contexto e inherentes a la condición de la muestra objeto de estudio.

El aislamiento social producido por la reciente pandemia de Covid-19 llevó a los docentes a limitar su presentación de conocimientos con la mejor imagen durante las clases virtuales, circunstancia que indujo en los educandos la falsa percepción de apropiación única de nociones de parasitología y otras disciplinas a través de este método estático. En consonancia con lo expuesto, la implementación de herramientas tecnológicas tipo WSI en la enseñanza de pregrado ha aumentado considerablemente en los últimos años; así las universidades que han implementado estas tecnologías demuestran excelentes beneficios y resultados entre los aprendices de medicina, biología, odontología, parasitología y medicina veterinaria.

De igual forma, el presente estudio permite evaluar la percepción de los estudiantes sobre las imágenes digitales obtenidas con el equipo Easy Scan Pro 6 de Motic®, pero además tiene en cuenta las apreciaciones positivas recibidas sobre su implementación, en especial en lo referente a la accesibilidad a las imágenes y a la consulta atemporal del estudiante de este material (13–18) paraffin-embedded, hematoxylin & eosin-stained pathology slides can be scanned to generate high quality virtual slides. Using proprietary software, digital images can also be annotated with arrows, circles and boxes to highlight certain diagnostic features. Previous studies assessing digital microscopy as a tea-

ching tool did not involve the annotation of digital images. The objective of this study was to compare the effectiveness of annotated digital pathology slides versus non-annotated digital pathology slides as a teaching tool during dermatology and pathology residencies. METHODS: A study group composed of 31 dermatology and pathology residents was asked to complete an online pre-quiz consisting of 20 multiple choice style questions, each associated with a static digital pathology image. After completion, participants were given access to an online tutorial composed of digitally annotated pathology slides and subsequently asked to complete a post-quiz. A control group of 12 residents completed a non-annotated version of the tutorial. RESULTS: Nearly all participants in the study group improved their quiz score, with an average improvement of 17%, versus only 3% ($P = 0.005$).

En cuanto a la selección de los casos clínicos de parasitología enviados a los estudiantes, se consideró la elevada frecuencia de presentación de estas parasitosis en Colombia según la revisión sistemática de literatura de Baena y col. del 2019, con prevalencia reportada para *A. lumbricoides* del 14,3 % (IC 95% 13,0-15,7) y 0,7% para *E. vermicularis* (IC 95% 0,3-1,1); además, se consideraron los cambios histopatológicos típicos y la integridad de la lámina portaobjeto perteneciente a la colección institucional de Microbiología de la FUCS (19).

El análisis de las preparaciones histopatológicas digitalizadas con WSI mostró infiltración inflamatoria secundaria a la apendicitis como consecuencia de la presencia del parásito en la luz apendicular cecal, como efecto colateral de la migración de la hembra grávida de *E. vermicularis* durante la noche para poner miles de huevos en la zona perianal, pero que erráticamente puede llegar a este órgano linfoide secundario digestivo y quedar atrapada en esta localización anatómica (20). Este hallazgo histopatológico para *E. vermicularis* es reportado en la literatura científica en 0,3 a 4% de los apéndices cecales extirpados quirúrgicamente (21).

Los resultados recabados con el instrumento de medición y recolección de información en la población objeto de estudio (encuesta) corroboran la gran proclividad de la actual generación de estudiantes a la era digital, siendo más accesible (muy fácil) para ellos usar las imágenes digitalizadas con la herramienta

WSI, pero además confirman la imperiosa necesidad de llevar a cabo este tipo de ejercicios que exigen el conocimiento de disciplinas contempladas en periodos académicos previos e integrarlas a las nociones de parasitología cuando se enfrenten a una sección específica de los cortes histopatológicos exhibidos en forma de imagen de lámina completa, sin indicación previa de la ubicación específica del agente causal.

En resumen, este modelo se constituye como la herramienta didáctica más adaptable a los requerimientos tecnológicos y de aprendizaje propios del educando presente, quien se apropia más fácilmente de los conceptos al enfatizar en aspectos lúdicos y tecnológicos que le resulten atractivos por tratarse de una novedosa experiencia educativa, e inducirá hábitos de estudio más eficaces, basados en la reiteración de la observación de las preparaciones histopatológicas en lo referente a búsqueda, recorrido a través de todos los campos posibles, establecimiento de comparaciones conceptuales, y en definitiva el reconocimiento de patrones diagnósticos específicos para las patologías infecciosas parasitarias a estudiar.

Los resultados evidenciados en la encuesta para la implementación de imágenes automatizadas WSI, vislumbran un horizonte académico promisorio de éxito en el aprendizaje, en lo referente al abordaje conceptual de asignaturas como microbiología, parasitología, histología y patología, conllevando a un mayor dinamismo y apropiación para las nociones tratadas en las distintas actividades académicas. Sin embargo, esta modalidad de aprendizaje requiere mayor compromiso y participación de los estudiantes y el rol asumido por el docente se limita a interactuar como agente facilitador del proceso de aprendizaje del educando. Lo anterior se traduce en un innovador contexto de autoaprendizaje donde cada estudiante cuenta con el material de estudio atemporalmente y puede consolidar e integrar los conceptos teórico-prácticos referentes a aspectos de ciencias de la salud.

Conclusión

Los archivos de Imágenes de Láminas Completas (WSI) fueron considerados con valoraciones cuantitativas muy altas por los estudiantes que participaron en el estudio y generaron creciente interés para su uso en el futuro.

Las imágenes digitalizadas son herramientas pedagógicas a las cuales los estudiantes se adaptan de forma rápida por su facilidad de uso, y potencian el aprendizaje presencial y autónomo de los educandos de medicina y ciencias de la salud. Asimismo, mediante el uso del software DSServer del Easy Scan Pro 6 de Motic el docente podrá guardar y compartir estas imágenes en tiempo real o asincrónico y desde cualquier lugar del mundo. De tal manera, que los estudiantes puedan acceder fácilmente a ellas desde cualquier dispositivo móvil, Tablet, PC o mesa Sectra.

Conflicto de Interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Referencias

1. **Kumar N, Gupta R, Gupta S.** Whole Slide Imaging (WSI) in Pathology: Current Perspectives and Future Directions. *J Digit Imaging.* 2020;33(4):1034–40. doi: 10.1007/s10278-020-00351-z
2. **Zuraw A, Aeffner F.** Whole-slide imaging, tissue image analysis, and artificial intelligence in veterinary pathology: An updated introduction and review. *Vet Pathol.* 2022;59(1):6–25. doi: 10.1177/03009858211040484
3. **Bartels RSW, Michael R, Descour, Chen Liang, Lynne Richter, William C Russum, James F Goodall, Pixuan Zhou, Artur G Olszak, Peter H.** Reinvention of light microscopy: array microscopy and ultrarapidly scanned virtual slides for diagnostic pathology and medical education. En: *Virtual Microscopy and Virtual Slides in Teaching, Diagnosis, and Research.* CRC Press; 2005, p. 26.
4. **Saco A, Bombi JA, Garcia A, Ramirez J, Ordi J.** Current Status of Whole-Slide Imaging in Education. *Pathobiology.* 2016;83(2–3):79–88. doi: 10.1159/000442391
5. **Iyengar JN.** Whole slide imaging: The futurescape of histopathology. *Indian J Pathol Microbiol.* 2021;64(1):8–13. doi: 10.4103/IJPM.IJPM_356_20
6. **Niazi MKK, Parwani A V, Gurcan MN.** Digital pathology and artificial intelligence. *Lancet Oncol.* 2019;20(5):e253–61. doi: 10.1016/S1470-2045(19)30154-8
7. **Evans AJ, Depeiza N, Allen S-G, Fraser K, Shirley S, Chetty R.** Use of whole slide imaging (WSI) for distance

- teaching. *J Clin Pathol*. 2021;74(7):425–8. doi: 10.1136/jclinpath-2020-206763
8. **Maity S, Nauhria S, Nayak N, Nauhria S, Coffin T, Wray J, et al.** Virtual Versus Light Microscopy Usage among Students: A Systematic Review and Meta-Analytic Evidence in Medical Education. *Diagnostics* (Basel, Switzerland). 2023;13(3):558. doi: 10.3390/diagnostics13030558.
 9. **Eraña Rojas IE, Pérez Saucedo JE, Barbosa Quintana Á, Segura-Azuara N de los Á, López Cabrera MV.** Una nueva forma de aprender patología: laboratorio virtual de patología. *Educ Médica*. 2017;18(4):249–53. doi: 10.1016/j.edumed.2016.08.004
 10. **Pantanowitz L, Szymas J, Yagi Y, Wilbur D.** Whole slide imaging for educational purposes. *J Pathol Inform*. 2012;3:46. doi: 10.4103/2153-3539.104908
 11. **Issin G, Demir F, Simsek HA, Cagatay DV, Tayfur M, Kandemir A, et al.** Seeds or Parasites? Clinical and Histopathological Features of Seeds and Parasites in the Appendix. *Turk Patoloji Derg*. 2023;39(1):42–54. doi: 10.5146/tjpath.2022.01586
 12. **Rocha R, Vassallo J, Soares F, Miller K, Gobbi H.** Digital slides: Present status of a tool for consultation, teaching, and quality control in pathology. *Pathol - Res Pract* [Internet]. 2009;205(11):735–41. doi: 10.1016/j.prp.2009.05.004.
 13. **Marsch AF, Espiritu B, Groth J, Hutchens KA.** The effectiveness of annotated (vs. non-annotated) digital pathology slides as a teaching tool during dermatology and pathology residencies. *J Cutan Pathol*. 2014 Jun;41(6):513–8. doi: 10.1111/cup.12328
 14. **Szymas J, Lundin M.** Five years of experience teaching pathology to dental students using the WebMicroscope. *Diagn Pathol*. 2011 Mar;6 Suppl 1(Suppl 1):S13. doi: 10.1186/1746-1596-6-S1-S13.
 15. **Diaz-Perez JA, Raju S, Echeverri JH.** Evaluation of a teaching strategy based on integration of clinical subjects, virtual autopsy, pathology museum, and digital microscopy for medical students. *J Pathol Inform*. 2014;5(1):25. doi: 10.4103/2153-3539.137729
 16. **Helle L, Nivala M, Kronqvist P, Gegenfurtner A, Björk P, Säljö R.** Traditional microscopy instruction versus process-oriented virtual microscopy instruction: a naturalistic experiment with control group. *Diagn Pathol*. 2011 Mar;6 Suppl 1(Suppl 1):S8. doi: 10.1186/1746-1596-6-S1-S8
 17. **McCready ZR, Jham BC.** Dental students' perceptions of the use of digital microscopy as part of an oral pathology curriculum. *J Dent Educ*. 2013 Dec;77(12):1624–8.
 18. **Martínez-Ciarpaglini C, Agustí J, Alfaro-Cervello C, Terrádez L, Alarcón L, Gomez J, et al.** Anatomía Patológica para el estudiante de Medicina: videotutoriales con integración de Patología digital como una valiosa herramienta para hacer la asignatura más práctica y atractiva. *Rev Española Patol* [Internet]. 2022;55(2):85–9. doi: 10.1016/j.patol.2021.08.001
 19. **Baena DM, Fajardo AM, Florez JW, Cardona-Arias JA.** Prevalencia de parasitismo intestinal y sus factores asociados en publicaciones indexadas de Colombia: revisión sistemática 2000-2017. *Investig Andin*. 2019;21(39):97–115. doi: 10.33132/01248146.1558
 20. **Hasan A, Nafie K, El-Sayed S, Nasr M, Abdulmohaymen A, Baheeg M, et al.** Enterobius vermicularis in appendectomy specimens; Clinicopathological assessment: Cross sectional study. *Ann Med Surg*. 2020;60:168–72. doi: 10.1016/j.amsu.2020.10.057
 21. **NHN, Abed NM, Pandak N, Khamis F, Balushi ZA, Alalawi RMK, Al Lawati S, Ba'Omar M, Shukaili N, Al-Abri S.** Enterobius vermicularis Related Acute Appendicitis: A Case Report and Review of the Literature. *Infect Dis Rep*. 2023;15(4):417-424. doi: 10.3390/idr15040042