



Análisis de estrategias de estudiantes de Formación Profesional en prácticas de microscopía

 Agustina Torres-Prioris¹,  Susana Rams²,
 María del Carmen Acebal Expósito¹

¹ Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Málaga, Málaga, España.

² Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada, Granada, España.

[Recibido el 22 de marzo de 2023, aceptado el 17 de octubre de 2023]

Resumen: En la etapa de Formación Profesional, los estudios didácticos relacionados con la enseñanza-aprendizaje sobre microscopía son escasos y poco representativos. Esta investigación tiene como objetivo el análisis de algunas estrategias del alumnado de los ciclos formativos en “Técnico Superior en Anatomía Patológica y Citodiagnóstico” y “Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico” durante el trabajo con instrumentos de microscopía, fundamental para alcanzar las competencias profesionales. Participaron 176 estudiantes de dos centros de Málaga (España), que cumplimentaron un cuestionario del que se presenta el análisis de ítems relacionados con: (a) hábitos de recogida de datos de una observación microscópica y (b) aprendizajes autopercebidos con su uso. Los resultados muestran que el alumnado otorga un alto valor al uso del microscopio; sin embargo, prefiere frecuentemente tomar fotografías con sus teléfonos móviles en lugar de realizar observaciones directas con el microscopio.

Palabras clave: microscopía; imágenes; dificultades de enseñanza-aprendizaje; formación profesional.

Analysis of vocational training student strategies during microscopy practicals

Abstract: Educational studies regarding vocational teaching and learning in microscopy are scarce and not very representative. The aim of this research is to analyse some of the strategies used by students of the Higher Diploma in Pathological Anatomy and Cytopathology and Higher Diploma in Clinical and Biomedical Laboratory when practising with microscopy instruments. The study consisted of a questionnaire survey of 176 students from two schools in Malaga (Spain). The analysis focused on items related to microscopy data collection habits and self-perceived learning outcomes. The results show that students place a high value on microscopy practicum, but found that they frequently prefer to take photographs with their mobile phones instead of making direct observations with the microscope.

Keywords: microscopy; images; teaching and learning issues; vocational education and training.

Introducción

La Formación Profesional (en adelante FP) debe permitir una adecuada relación entre los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en los diferentes módulos que integran los ciclos formativos.

El uso de instrumentos de microscopía en esta etapa tiene como uno de sus fines la identificación de diversas estructuras biológicas e implica el desarrollo de la habilidad interpretativa de lo observado. Esto supone que los aprendizajes producidos podrán ser aplicados de manera efectiva en el futuro contexto profesional, en el que se deberán manipular y procesar una amplia variedad de muestras procedentes del ámbito sanitario para el diagnóstico de diferentes patologías.

Las características de la imagen microscópica resultante del procesamiento de las muestras se encuentran en estrecha relación con su origen (biopsias frescas, fijadas, fluidos, etc.) y con su manipulación (fijación, tinción, etc.), lo que determina la interpretación que el sujeto realiza, condicionado a su vez por los conocimientos teóricos específicos (Bucari et al., 2020).

Por todo ello, el análisis de las estrategias empleadas por el alumnado al afrontar actividades de microscopía, de sus dificultades y de sus aprendizajes a través del microscopio constituye una línea de trabajo prometedora. No obstante, esta problemática permanece relativamente inexplorada y, en particular, en lo referente al alumnado de FP, un contexto que merece una mayor atención por parte de la didáctica de las ciencias experimentales y sobre el que versa el presente estudio.

Marco teórico

La FP presenta entre sus fortalezas la potencialidad de ofrecer contextos específicos para la adquisición de competencias profesionales, ya que los conocimientos que adquiere el alumnado son directamente aplicables en el ámbito laboral. Parece existir una relación más directa o concreta entre los contenidos y la adquisición de competencias profesionales que en las etapas de educación obligatoria. La FP no se centra en la educación en materias teóricas estancas, sino en desarrollar las habilidades prácticas y procedimentales del alumnado, para que adquiera un dominio adecuado de las diferentes técnicas que le van a permitir incorporarse en el mundo laboral. Por lo tanto, en FP es importante diseñar situaciones de aprendizaje efectivas, que satisfagan estos requisitos prácticos clave (Gessler y Moreno Herrera, 2015).

En los ciclos formativos de «Técnico Superior en Anatomía Patológica y Citodiagnóstico» (en adelante APC) y «Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico» (en adelante LCB) encontramos diferentes módulos que tienen como objetivo el desarrollo de competencias relacionadas con la microscopía y la observación de imágenes de fotomicrografía. En la Tabla 1 se exponen dichos módulos específicos de APC y LCB y en la Tabla 2 las competencias profesionales más destacadas establecidas por la normativa vigente (RD 767/2014 y RD 771/2014).

Cabe destacar que el alumnado de ambos ciclos tiene, en el primer curso, módulos en común (Técnicas Generales de Laboratorio y Biología Molecular), en los cuales se abordan los conocimientos teórico-prácticos que deberían sentar las bases para desarrollar la competencia relacionada con la problemática que se aborda en este trabajo. Es en el segundo curso, en los diferentes módulos específicos de cada uno de los ciclos, cuando el alumnado debe aplicar de manera competencial los conocimientos adquiridos previamente. En el caso del alumnado de APC, debe cursar los módulos de Citología General, Citología

Ginecológica y Procesamiento de Tejidos, mientras que el alumnado de LCB cursa los módulos correspondientes a Hematología, Inmunología y Microbiología.

Tabla 1. Módulos de los ciclos formativos de APC (RD 767/2014) y LCB (RD 771/2014) relacionados con contenidos de microscopía

| Ciclo | Módulos | Contenidos básicos |
|----------------------|-----------------------------------|--|
| Primer curso | | |
| APC y LCB | Técnicas Generales de Laboratorio | El microscopio óptico. Descripción, fundamento y propiedades. Técnicas de microscopía óptica de luz transmitida. Campo claro, campo oscuro y contraste de fases. Técnicas de microscopía de fluorescencia. Microscopía confocal. Técnicas de microscopía electrónica. Fundamento y aplicaciones. Técnicas de microscopía de barrido de sonda. Fundamento y aplicaciones. Sistemas de captación y archivo de imágenes digitales. |
| | Biología molecular | Organización y funciones del laboratorio de citogenética y cultivo celular. Área de procesado, bandeado, de microscopía y digitalización de imágenes. |
| Segundo curso | | |
| APC | Citología Ginecológica | Identificación de muestras histológicas y citológicas de especímenes procedentes de biopsias o estudios citológicos. Identificación de patologías infecciosas benignas. Estudio de patologías asociadas a tumores malignos e invasivos. |
| | Citología General | Identificación de las características citológicas e histológicas de los diferentes tejidos. Identificación de las diferentes alteraciones citológicas presentes en muestras microscópicas. |
| | Procesamiento de tejidos | Observación y control de calidad del procesamiento, montaje y tinción de tejidos. |
| LCB | Microbiología | Identificación de parásitos. Identificación de colonias bacterianas mediante la observación de la colonia en su conjunto y preparación de muestras con tinción de GRAM. |
| | Hematología | Aplicación de técnicas de análisis hematológico al estudio de la serie roja, relacionando los protocolos de análisis con las características y las funciones de los parámetros que hay que determinar. |
| | Inmunología | Identificación de diferentes patrones relacionados con enfermedades del sistema inmune. |

El uso de las imágenes en el aprendizaje de las ciencias ha sido destacado en la investigación didáctica, pues en muchos casos tiene un efecto positivo para la comprensión de ideas, aunque también pueden ser el origen de concepciones erróneas (Maturano et al., 2009). Cada día son mayores las evidencias que indican, desde el paradigma constructivista, que las ideas previas influyen en las observaciones que los estudiantes pueden hacer de los fenómenos y materiales científicos (Perales y Jiménez, 2002), dada la relación dinámica e interdependiente entre la teoría y la observación (Hodson, 1986).

Las observaciones sobre fenómenos científicos se pueden referir también a las imágenes que los representan, por lo que, cuando los alumnos las estudian, deben poner en juego determinadas destrezas de observación (Pérez de Eulate González y Llorente Cámara, 1998; Gómez Llombart y Gavidia Catalán, 2015). Esto señala la necesidad de abordar el papel de las imágenes en la enseñanza de las ciencias, junto con otros aspectos relevantes para el aprendizaje, como su relación con el texto escrito o las actitudes del profesorado y alumnado ante ellas (Pérez de Eulate González y Llorente Cámara, 1998; Aguilera y Perales, 2018).

Diversas investigaciones han señalado que estas imágenes pueden desencadenar efectos complejos (Barbeau et al., 2013). Se ha encontrado, por ejemplo, que ciertas imágenes facilitan el aprendizaje de las ciencias en algunos estudiantes, pero no de otros, y, también, que a medida que la dificultad de un tema aumenta, los estudiantes miran mayor número de veces y durante más tiempo las imágenes, pero aprenden menos (Reid y Beveridge, 1990). Asimismo, Del Panno et al. (2017) indican que la mayoría de alumnado de su estudio, perteneciente a la etapa universitaria, evidenció serios inconvenientes para describir preparados microscópicos, identificar estructuras e incluso, simplemente, enfocarlas. Todo ello conecta con la necesidad de identificar las estrategias utilizadas por el alumnado para recabar y registrar datos al realizar actividades de microscopía, como paso previo al diseño de programas formativos que optimicen estas estrategias.

Tabla 2. Competencias profesionales que han de adquirir los alumnos de APC (RD 767/2014) y LCB (RD 771/2014)

| Ciclo | NORMATIVA: Competencias profesionales |
|-----------|---|
| APC | Realizar la aproximación diagnóstica de muestras citológicas ginecológicas, en función de los patrones celulares. |
| | Realizar la aproximación diagnóstica de muestras citológicas no ginecológicas, en función de los patrones celulares. |
| | Tallar y procesar muestras histológicas y citológicas, obteniendo preparaciones microscópicas de calidad adecuada para su estudio. |
| | Aplicar técnicas inmunohistoquímicas y de biología molecular, seleccionando los procedimientos en función de la determinación solicitada. |
| LCB | Realizar determinaciones analíticas de parámetros bioquímicos, siguiendo los protocolos normalizados de trabajo y cumpliendo las normas de calidad. |
| | Realizar análisis microbiológicos en muestras biológicas y cultivos, según los protocolos de seguridad y protección ambiental. |
| | Aplicar técnicas inmunológicas, seleccionando procedimientos en función de la determinación solicitada. |
| | Realizar técnicas de análisis hematológico, siguiendo los protocolos establecidos. |
| APC y LCB | Aplicar técnicas de análisis genético a muestras biológicas y cultivos celulares, según los protocolos establecidos. |

En este estudio se analizan algunas de las variadas estrategias, dificultades y percepciones de aprendizaje por parte del alumnado de los ciclos formativos de técnico superior en APC y LCB con el uso del microscopio óptico en las diferentes sesiones prácticas. En concreto, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué estrategias utilizan para capturar e interpretar las observaciones microscópicas?
2. ¿Cómo valoran sus aprendizajes a través del uso del microscopio?

Metodología

Se utilizó una metodología mixta, consistente en la recolección de datos *ex post facto* y el análisis e interpretación de resultados tanto cualitativos como cuantitativos (Creswell, 2014). Dado que esta investigación no fue experimental, en este trabajo no se utilizó un grupo de control.

La muestra estuvo formada por N=176 (125 mujeres y 51 hombres), siendo N₁=80 estudiantes del ciclo formativo de APC y N₂=96 estudiantes del ciclo formativo de LCB de dos centros privados de Formación Profesional de la ciudad de Málaga (España). Ambos grupos compartieron idéntica formación previa durante el primer curso de los ciclos formativos, ya que tienen la asignatura Técnicas Generales de Laboratorio y el docente en común.

Con el fin de identificar las estrategias de los estudiantes en referencia al uso de los microscopios ópticos en las sesiones prácticas, se diseñó un cuestionario "ad hoc" en el que se presentan diferentes preguntas relacionadas con el manejo del microscopio y la interpretación de las imágenes observadas. Este instrumento se diseñó teniendo en cuenta las competencias profesionales establecidas en la normativa, los antecedentes bibliográficos y la experiencia docente de las autoras en este contexto, con un ciclo de validación por panel de expertos (dos docentes del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales). El cuestionario consta de 4 preguntas abiertas y 14 bloques de ítems a valorar con escala Likert, con cinco valores que van desde "nunca" (valor 1), "pocas veces" (valor 2), "algunas veces" (valor 3), "muchas veces" (valor 4), hasta "siempre" (valor 5). Con el fin de evaluar la fiabilidad del instrumento utilizado se calculó el índice estadístico alfa de Cronbach, que arrojó un valor $\alpha = 0,815$, categorizado como "bueno" (George y Mallery, 2003).

El cuestionario se cumplimentó en diciembre de 2021 a través de Google Forms, en horario escolar y bajo supervisión docente. En el momento de recogida de los datos, ambos grupos estaban inmersos en sesiones prácticas de microscopía en sus respectivos ciclos formativos. Adicionalmente se han considerado las libretas de prácticas de los estudiantes, donde aparecen representaciones de algunas observaciones realizadas.

Se presenta en este trabajo el análisis de los dos grupos de ítems del bloque 12, que están relacionados con las preguntas de investigación, es decir, con los hábitos de recogida de datos de una observación microscópica y con los aprendizajes autopercebidos con su uso (Figura 1).

| |
|---|
| <p>BLOQUE 12. Indica la frecuencia con la que se producen los siguientes eventos:</p> <p>GRUPO 12.1. ... relacionados con la recogida de datos de una observación con microscopio: Ítem A. Realizo una fotografía con el móvil. Ítem B. Realizo una fotografía con el móvil y desde esa imagen hago un dibujo. Ítem C. Realizo un dibujo directamente en papel. Ítem D. Realizo un dibujo directamente en un dispositivo electrónico. Ítem E. Comparo lo observado con las imágenes proporcionadas en los apuntes de clase. Ítem F. Comparo lo observado con lo que encuentro en las imágenes de internet.</p> <p>GRUPO 12.2. ... con respecto a lo aprendido con el uso del microscopio: Ítem G. Me permitió entender mejor las estructuras anatómicas y celulares. Ítem H. Me sirvió para observar diferencias morfológicas. Ítem I. Me permitió aprender a diferenciar tejidos. Ítem J. Me permitió descubrir la forma real de las estructuras. Ítem K. Me permitió identificar muestras patológicas. Ítem L. Me aportó información diferente a la estudiada en teoría. Ítem M. Me ayudó a estudiar mejor los contenidos de la asignatura.</p> |
|---|

Figura 1. Enunciados del bloque 12 de ítems del instrumento diseñado

Además, se realizó un estudio estadístico de las respuestas para detectar la posible existencia de diferencias significativas entre los grupos. El tamaño de la muestra fue mayor a 50 casos, por lo tanto, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors para estudiar la normalidad. Los datos no se ajustaron a una distribución normal, por lo que se empleó la prueba no paramétrica de la U de Mann-Whitney (ya que hay dos muestras independientes) para estudiar las diferencias entre los grupos de estudiantes participantes teniendo en cuenta, por un lado, el ciclo formativo al que pertenecen y, por otro lado, las estrategias de recogida de datos y su autopercepción del aprendizaje. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa informático JASP Versión 0.16 de 2021.

Resultados

El primer grupo de ítems analizado (12.1) describe el proceso de recogida de datos sobre una observación microscópica que lleva a cabo el alumnado en las sesiones prácticas (Figura 1).

En la figura los resultados muestran que el alumnado considera más importante capturar la imagen observada en el microscopio con una fotografía (ítem A) que dedicar el tiempo de observación necesario para realizar un dibujo interpretativo de las estructuras (ítems B-D). En cuanto a los ítems B y C, las respuestas indican que un amplio número de estudiantes no realizan los dibujos desde la fotografía del móvil (49,4%) ni directamente en papel (72,3%). El ítem D indica que la práctica totalidad (94,6%) no utiliza dispositivos electrónicos para dibujar. Sin embargo, con los ítems E y F, cuando nos referimos a la utilidad que les dan a las imágenes observadas durante las prácticas, un 62% (valores 5, 4, 3) afirman que las comparan con materiales de clase, y un 60% (valores 5, 4, 3) con fotografías de internet.

Tanto en APC como en LCB, casi la mitad de los participantes (48,3%) coinciden en que primero toman una fotografía y a partir la imagen fija analizan los aspectos que deberían estudiar en el microscopio (Figura 2).

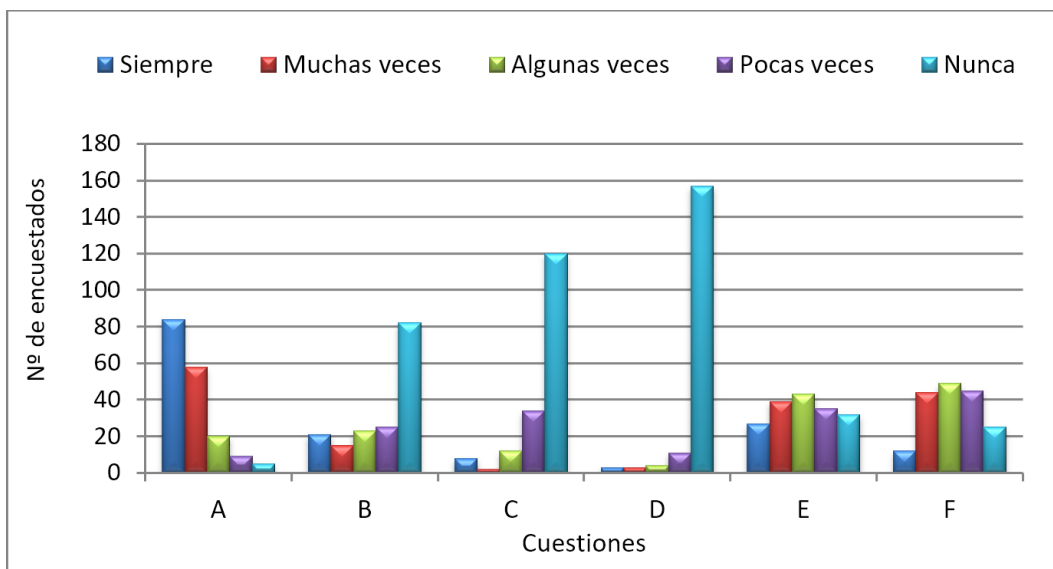


Figura 2. Histograma que representa la frecuencia con la que el alumnado realiza la recogida de datos: A. Realizo una fotografía con el móvil; B. Realizo una fotografía con el móvil y desde esa imagen hago un dibujo; C. Realizo un dibujo directamente en papel; D. Realizo un dibujo directamente en un dispositivo electrónico; E. Comparo lo observado con las imágenes proporcionadas en los apuntes de clase; F. Comparo lo observado con lo que encuentro en las imágenes de internet

Respecto al segundo grupo de ítems analizado (12.2), en el que se pregunta a los encuestados sobre el aprendizaje adquirido mediante la observación de muestras microscópicas, en la mayoría de los mismos (69,3%) se obtienen valores medios superiores a 4, que apuntan a la utilidad que representa para los encuestados el uso del microscopio para complementar lo aprendido en las sesiones teóricas con las imágenes proyectadas en la pantalla.

En la Tabla 3 se muestran los datos de la prueba U de Mann-Whitney obtenidos para este grupo de ítems, en función del ciclo formativo que cursan los participantes de la encuesta. En estos datos se observa que las medias de todas las cuestiones seleccionadas son superiores en el grupo de APC con respecto al de LCB. Esto se puede corresponder con la importancia que representa el uso del microscopio en el currículo de APC, el cual presenta varias competencias profesionales en las que se hace referencia a la adquisición de habilidades de identificación y reconocimiento de las diferentes estructuras celulares y tisulares, con patrones normales y patológicos (Tablas 1 y 2).

Tabla 3. Resumen de resultados del análisis estadístico comparativo entre los dos subgrupos participantes, en función de los estudios cursados (APC o LCB)

| Cuestiones | APC (N ₁ = 80) | | LCB (N ₂ = 96) | | U de Mann-Whitney | | |
|------------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|-------------------|--------|-------|
| | X | σ | X | σ | Z | r | p |
| 12.2.G | 4.125 | 0.891 | 3.737 | 1.113 | -3.075 | .19079 | .023* |
| 12.2.H | 3.888 | 1.079 | 3.768 | 1.026 | -3.478 | .08487 | .310 |
| 12.2.I | 3.825 | 1.240 | 3.421 | 1.208 | -2.994 | .21224 | .012* |
| 12.2.J | 4.362 | 0.860 | 3.958 | 1.020 | -2.906 | .23539 | .004* |
| 12.2.K | 3.350 | 1.351 | 3.305 | 1.281 | -3.691 | .02868 | .739 |
| 12.2.L | 4.088 | 1.009 | 3.747 | 1.101 | -3.126 | .17737 | .035* |
| 12.2.M | 3.987 | 1.013 | 3.600 | 1.134 | -3.064 | .19368 | .022* |

* valores con diferencias significativas con p <.05

A modo ilustrativo se muestran a continuación algunas imágenes tomadas de las libretas de prácticas del alumnado, en las que se reflejan diversos modos en los que recogen los datos de las observaciones microscópicas (Figura 3).

En la Figura 3.a se observa la estrategia menos frecuente, en la que, a partir de una fotografía tomada de una imagen microscópica, con una tableta (iPad), el alumno copia, generando un dibujo. En la figura 3.b, para realizar el dibujo se ha utilizado un adaptador para el móvil que permite reflejar la imagen observada en la pantalla sobre el cristal, y a través de este realizar el dibujo directamente en el papel. En la figura 3.c se realiza el dibujo copiando la imagen por observación directa a partir de la fotografía que se obtiene con el móvil desde el ocular del microscopio. Finalmente, en la figura 3.d se realiza un dibujo interpretativo desde lo que se observa directamente en el ocular del microscopio, donde el alumno identifica de forma adecuada las estructuras que observa directamente a través del microscopio.

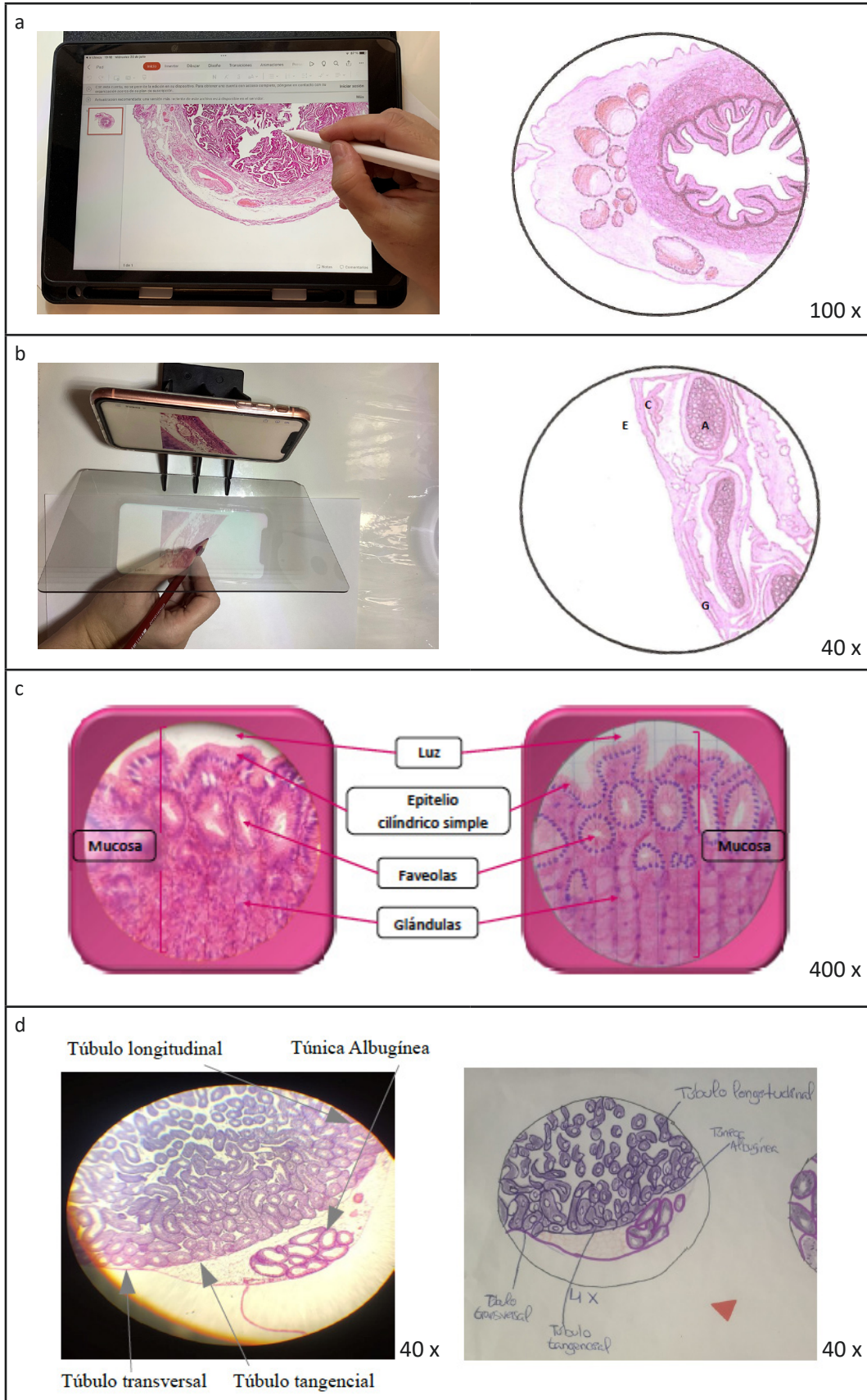


Figura 3. Ilustraciones, a modo de ejemplo, de algunos de los diferentes modos en que el alumnado captura las observaciones microscópicas durante su trabajo práctico

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el estudio han permitido evidenciar algunas tendencias en la manera de capturar e interpretar imágenes microscópicas por parte de los estudiantes de Formación Profesional de APC y LCB. Así, se ha comprobado que prefieren utilizar fotografías capturadas con sus móviles antes que dedicar el tiempo adecuado para la interpretación y estudio de las muestras directamente con el microscopio. Incluso en aquellas ocasiones en las que el docente solicita la entrega de dibujos de las muestras observadas, los alumnos siguen prefiriendo capturar la imagen y posteriormente desde ella realizar el dibujo.

Sobre la utilidad que representa la observación de preparaciones en el microscopio y lo aprendido a partir de ellas, los encuestados de APC manifiestan, con valores superiores que los de LCB, que les sirve para interpretar las estructuras y observar las diferencias entre patrones de normalidad y patogénesis.

En conclusión, los resultados apuntan a que para asegurar la correcta adquisición de competencias profesionales en el contexto de microscopía resulta necesario diseñar, para las sesiones prácticas, actividades que estimulen al alumnado a realizar observaciones pormenorizadas, prestando más atención "in situ" a las muestras observadas y dedicando más tiempo a su análisis. Ello permitiría potenciar el papel del microscopio para identificar y comprender las muestras citológicas e histológicas, dotando de herramientas al alumnado para dirigir su mirada a estas estructuras, a la par que se superan algunas dificultades asociadas al uso de este instrumento. En próximos trabajos pretendemos seguir contribuyendo a algunas de estas cuestiones.

Referencias bibliográficas

- Aguilera Morales, D. y Perales Palacios, F. J. (2018). El libro de texto, las ilustraciones y la actitud hacia la Ciencia del alumnado: percepciones, experiencias y opiniones del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(3), 41-58. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2423>
- Barbeau M. L., Johnson M., Gibson C. y Rogers, K. A. (2013). The development and assessment of an online microscopic anatomy laboratory course. *Anatomical Science Education*, 6(4), 246-256. DOI: <https://doi.org/10.1002/ase.1347>
- Bucari, A., Pardo, M., Masson, C., Morcelle del Valle, S. R., Del Panno, M. T., Speroni, F., Kozubsky, L., Rosli, G., Guerbi, G., González Domínguez, M. y Capannini, O. (2020). Distintos puntos de vista: El arte de ver. Perspectivas integradas andando a lo largo de un trayecto de microscopía. *Trayectorias Universitarias*, 6(11), 46-52. DOI: <https://doi.org/10.24215/24690090e046>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE.
- Del Panno, M., García, M. L., Kozubsky, L., Morcelle, S., Pardo, M., Sbaraglini, M. L., Speroni, F., Pérez, V. y Cappannini, O. (2017). *Articulación horizontal y vertical entre asignaturas universitarias: el Trayecto sobre Microscopía*. II Congreso Regional de Enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza. Tandil, Argentina.
- España. Real Decreto 767/2014 [con fuerza de ley], de 12 de septiembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Anatomía Patológica y Citodiagnóstico y se fijan sus enseñanzas mínimas. *Boletín Oficial del Estado*, 4 de octubre de 2014, núm. 241, pp. 79051 a 79114.

- España. Real Decreto 771/2014 [con fuerza de ley], de 12 de septiembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico y se fijan sus enseñanzas mínimas. *Boletín Oficial del Estado*, 4 de octubre de 2014, núm. 241, pp. 79331 a 79392.
- Gessler, M. y Moreno Herrera, L. (2015). Vocational Didactics: Core Assumptions and Approaches from Denmark, Germany, Norway, Spain and Sweden. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 2(3), 152-160. DOI: <https://doi.org/10.13152/IJRVET.2.3.1>
- George, D. y Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. 11.0 update (4th ed.). Boston: Allyn y Bacon.
- Gómez Llombart, V. y Gavidia Catalán, V. (2015). Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 441-455. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i3.04
- Hodson, D. (1986). Philosophy of Science and Science Education. *Journal of Philosophy of Education*, 20(2), 215-225. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9752.1986.tb00128.x>
- Maturano, C., Aguilar, S. y Núñez, G. (2009). Propuestas para la utilización de imágenes en la enseñanza de las ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 49(4), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.35362/rie4942081>
- Perales, F. J. y Jiménez, J. D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369-386. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3954>
- Pérez de Eulate González, M. L. y Llorente Cámara, E. (1998). Las imágenes en la enseñanza-aprendizaje de la Biología. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 16, 45-53.
- Reid, D. y Beveridge, M. (1990). Reading illustrated science texts: a microcomputer based investigation of children's strategies. *British Journal of Educational Psychology*, 60, 76-87. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1990.tb00923.x>