

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE POSTGRADO**



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE POSTGRADO**

**Fortalecimiento de competencias diagnósticas en  
citopatología ginecológica mediante Microscopía Virtual y  
Módulos de Aprendizaje Electrónico-Adaptativo**

Paulina Cubillos Moreno

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN INFORMÁTICA MÉDICA.**

Director de Tesis: Prof. Dra. Eugenia Díaz Guerra

2021

*A mis amados padres, quienes con su ejemplo,  
me inspiran a seguir adelante y alcanzar mis metas...*

## Agradecimientos

Agradezco al Centro de Oncología Preventiva, en especial a su directora la Dra. Carla Molina por apoyar el desarrollo de esta Tesis y a la tecnóloga médica Rosa Muñoz, por su buena disposición y enorme contribución al aportar con su vasta experiencia y conocimientos a este trabajo.

Agradezco también a los miembros del Centro de Patología Digital Asistido por Internet y del Laboratorio de Procesamiento de Imágenes Digitales SCIAN-Lab por todas sus enseñanzas y el soporte que me entregaron en distintas etapas, en especial a Mauricio Cerda, Malcolm Moreno, Susana Vargas y Pablo Báez, muchas gracias por su buena disposición.

Quiero agradecer también a mi directora de Tesis, la Doctora Eugenia Díaz, por su dedicación, enseñanzas, su apoyo incondicional y orientación, que ciertamente contribuyeron a lograr terminar este trabajo de la mejor manera posible.

Agradezco enormemente a mi familia, por apoyarme a lo largo de todo este proceso, a mis amigas, amigos y colegas que siempre estuvieron presente ayudándome a superar dificultades y a todos los participantes que trabajaron con este módulo, gracias por su motivación, perseverancia y valiosos comentarios.

Finalmente, agradezco el financiamiento otorgado por el Proyecto Experimento Crítico del Instituto de Ciencias Biomédicas y el Proyecto Fondecyt N°1181823, que aportaron con valiosos recursos para el desarrollo de este trabajo.

# Índice

<b>Índice</b> .....	4
<b>Índice de Figuras</b> .....	6
<b>Índice de Tablas</b> .....	6
<b>Abreviaturas</b> .....	7
<b>Resumen</b> .....	9
<b>Abstract</b> .....	9
<b>Introducción</b> .....	11
Cáncer Cérvico Uterino .....	11
<i>Generalidades</i> .....	11
<i>Historia Natural del Cáncer Cérvico Uterino</i> .....	12
<i>Situación en Chile</i> .....	13
Examen de Papanicolaou .....	14
<i>Generalidades</i> .....	14
<i>Limitaciones</i> .....	15
Entrenamiento en citodiagnóstico .....	17
<i>¿Qué implica el nivel de experiencia en citodiagnóstico?</i> .....	17
<i>Programas de entrenamiento en citodiagnóstico y sus limitaciones</i> .....	18
<i>¿Cómo mejorar las metodologías de entrenamiento?</i> .....	20
<i>Planteamiento de investigación</i> .....	25
<b>Hipótesis</b> .....	27
<b>Objetivos</b> .....	27
Objetivo General .....	27
Objetivos Específicos .....	27
<b>Material y Método</b> .....	27
Diseño y construcción del Módulo de Entrenamiento .....	27
1) Selección de competencias y subcompetencias .....	27
2) Definición de objetivos e indicadores de aprendizaje .....	29
3) Selección y creación del contenido .....	31
4) Construcción del módulo .....	37
Aplicación del Módulo de Entrenamiento .....	40
1) Definición de la población objetivo .....	40

2) Módulo piloto .....	41
3) Ejecución del Módulo de Entrenamiento final .....	42
Evaluación del Módulo de Entrenamiento .....	43
1) Definición del análisis estadístico .....	43
2) Creación de una encuesta usuaria .....	43
Consideraciones éticas .....	44
<b>Resultados</b> .....	44
Protocolo de Digitalización de láminas de PAP .....	44
Ejecución del Módulo de Entrenamiento .....	47
1) Participantes finales .....	47
2) Razones de abandono .....	48
Utilidad y efecto del Módulo de Entrenamiento .....	50
1) Evaluación de indicadores de aprendizaje .....	50
2) Análisis de la encuesta usuaria .....	59
<b>Discusión</b> .....	63
<b>Conclusión</b> .....	76
<b>Anexos</b> .....	77
Anexo 1: Carta de autorización para digitalización de láminas de PAP .....	77
Anexo 2: Fallo postulación a Proyecto Experimento Crítico ICBM 2019 .....	78
Anexo 3: Afiche de Inscripción al Módulo de Entrenamiento .....	79
Anexo 4: Estructura de Encuesta de Opinión Usuaria .....	80
Anexo 5: Dispensa de consentimiento informado CEISH .....	83
Anexo 6: Comentarios de participantes en Encuesta de Abandono .....	84
Anexo N°7: Comentarios de participantes en Encuesta Usuaria .....	85
1) Dificultades experimentadas .....	85
2) Sugerencias .....	86
3) Fortalezas .....	87
<b>Referencias</b> .....	89

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Historia natural del Cáncer Cérvico Uterino.....	12
<b>Figura 2.</b> Diseño y componentes básicos de un ítem. ....	34
<b>Figura 3.</b> Proceso de creación de imágenes estáticas. ....	34
<b>Figura 4.</b> Diseño estructural del Módulo de Entrenamiento. ....	39
<b>Figura 5.</b> Cronograma de aplicación del Módulo de Entrenamiento. ....	42
<b>Figura 6.</b> Desempeño general de los participantes según indicadores de aprendizaje....	51
<b>Figura 7.</b> Desempeño general de los participantes por categoría según indicadores de aprendizaje.. ....	52
<b>Figura 8.</b> Desempeño de participantes sin experiencia según indicadores de aprendizaje.. ....	54
<b>Figura 9.</b> Desempeño de participantes sin experiencia por categoría según indicadores de aprendizaje .....	55
<b>Figura 10.</b> Desempeño de participantes con experiencia según indicadores de aprendizaje. ....	57
<b>Figura 11.</b> Desempeño de participantes con experiencia por categoría según indicadores de aprendizaje. ....	58

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Habilidades en la extracción de información de expertos y principiantes .....	18
<b>Tabla 2.</b> Competencia y subcompetencias seleccionadas. ....	28
<b>Tabla 3.</b> Objetivos e indicadores de aprendizaje. ....	29
<b>Tabla 4.</b> Pauta de evaluación de ítems. ....	35
<b>Tabla 5.</b> Constitución de los grupos que completaron el Módulo de Entrenamiento. ....	48
<b>Tabla 6.</b> Razones de abandono del entrenamiento. ....	49

## Abreviaturas

<b>CCu:</b>	Cáncer Cérvico Uterino
<b>VPH:</b>	Virus Papiloma Humano
<b>ITS:</b>	Infección de Transmisión Sexual
<b>Globocan:</b>	<i>Global Cancer Observatory</i>
<b>OMS:</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>OPS:</b>	Organización Panamericana de Salud
<b>PAP:</b>	Papanicolaou
<b>ASCUS:</b>	Células escamosas atípicas de significado indeterminado ( <i>atypical Squamous Cells of Undetermined Significance</i> )
<b>LSIL:</b>	Lesión intraepitelial escamosa de bajo grado ( <i>low grade squamous intraepithelial lesions</i> )
<b>HSIL:</b>	Lesión intraepitelial escamosa de alto grado ( <i>high grade squamous intraepithelial lesions</i> )
<b>MV:</b>	Microscopía virtual
<b>WSI:</b>	Láminas digitales completas ( <i>Whole Slide Images</i> )
<b>AL:</b>	Aprendizaje adaptativo ( <i>Adaptive Learning</i> )
<b>TIC:</b>	Tecnologías de la Información y Comunicación
<b>AELM:</b>	Módulos de Aprendizaje Electrónico Adaptativos ( <i>Adaptive eLearning Modules</i> )
<b>VMAT:</b>	Tutoriales Adaptativos de Microscopía Virtual ( <i>Virtual Microscopy Adaptive Tutorials</i> )
<b>CAAHEP:</b>	Comisión de Acreditación de Programas Aliados de Educación en Salud

<b>COP-Uchile:</b>	Centro de Oncología Preventiva de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile
<b>NIE:</b>	Neoplasia intraepitelial
<b>CIS:</b>	Carcinoma in situ
<b>CPDAI:</b>	Centro de Patología Digital Asistida por Internet
<b>SASIBA:</b>	Sistema de Almacenamiento y Servicios Informáticos Biomédicos Avanzados
<b>REDECA:</b>	Red de Equipamiento Técnico Avanzado
<b>ICBM:</b>	Instituto de Ciencias Biomédicas
<b>CAP:</b>	Colegio Americano de Patólogos
<b>PEEC:</b>	Programa de Evaluación Externa de la Calidad
<b>ISP:</b>	Instituto de Salud Pública
<b>Moodle:</b>	Entorno de aprendizaje dinámico modular orientado a objetos <i>(Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment)</i>
<b>Sochicit:</b>	Sociedad Chilena de Citología
<b>CEISH:</b>	Comité de Ética de Investigación en seres Humanos

## Resumen

En Chile el cáncer cérvico uterino corresponde al tercer cáncer más frecuente y a la quinta causa de muerte por cáncer en mujeres. Aproximadamente 2 mujeres fallecen diariamente a causa de esta enfermedad en nuestro país. Respecto a su prevención, el examen de Papanicolaou ha contribuido a disminuir importantemente la tasa de mortalidad por cáncer cérvico uterino en Chile. No obstante, la interpretación de la citología ginecológica presenta cierto grado de subjetividad, y la incidencia de errores de detección e interpretación está altamente determinada por la experiencia y habilidad del profesional que analiza y diagnostica la muestra.

Con el propósito de explorar nuevas tecnologías que permitan apoyar la mejora del desempeño profesional y superar las limitaciones actuales de los programas de entrenamiento, en esta Tesis se construyó, aplicó y evaluó un Módulo de Entrenamiento *Online* en Citodiagnóstico Ginecológico, basado en el uso de microscopía virtual y esquemas de aprendizaje adaptativo, en un grupo de citotecnólogas(os) y citopatólogas(os).

Este Módulo de Entrenamiento permitió fortalecer en importante medida una competencia profesional clave para la precisión del diagnóstico citológico relacionada con la adecuada evaluación morfológica de la muestra, mejorar sustancialmente el desempeño de participantes menos experimentados y nivelar positivamente a participantes con bajos desempeños iniciales. La herramienta fue muy bien valorada por los participantes, quienes la consideraron una solución innovadora y útil para el desarrollo de sus habilidades, calificándola incluso como un complemento necesario y deseable para sus prácticas profesionales, formación básica y actualización profesional, sobre todo dada la situación de pandemia actual.

Sin bien aún quedan desafíos por superar, los resultados obtenidos son muy prometedores y las proyecciones de este módulo son amplias, tanto dentro del área de la citopatología como hacia otras áreas donde se utilice la microscopía para el diagnóstico.

## Abstract

Cervical cancer is the third most frequent cancer type and the fifth leading cause of cancer related death for women in Chile. Currently, almost 2 women die every day from this disease in our country. Regarding its prevention, the Papanicolaou examination has contributed to significantly decrease the mortality rate from cervical cancer in Chile. However, it has been shown that the interpretation of gynecological cytology has a certain degree of subjectivity, therefore the incidence of errors, be it in detection or interpretation, is highly determined by the experience and skill of the professional who analyzes and diagnosis the sample.

In order to explore new technologies that might support the improvement of professional performance and overcome some of the limitations of the current training programs, an Online Training Module in Gynecological Cytodiagnosis was developed in this Thesis. The Module, based on adaptive learning techniques with the use of virtual microscopy, was applied to a group of cytotechnologists and cytopathologists with varying degrees of experience in order to evaluate its effectiveness.

This training Module significantly strengthened a key professional competence related to the adequate morphological assessment of the sample, crucial for diagnostic accuracy, substantially improving the performance of less experienced participants and leveling up participants with poorer initial performance. Furthermore, the module was well received and evaluated by the participants, who found it an innovative and useful instrument for the development of their skills, going as far as to qualify it as a necessary complement to their basic training, professional practices and ongoing updates, especially given the current pandemic situation.

Although future implementations of this type of training modules will require addressing online visualization challenges, the results obtained are clear and promising. The projections of this module are broad, both within the area of cytopathology as well as in other areas where microscopy is also used for diagnosis.

# Introducción

## Cáncer Cérvico Uterino

### *Generalidades*

El Cáncer Cérvico Uterino (CCu) es una alteración neoplásica maligna, que se origina en el epitelio del cuello del útero y que se manifiesta inicialmente con la aparición de lesiones precursoras de lenta y progresiva evolución en el tiempo. Esta patología es producida por una infección persistente con cepas de alto riesgo oncológico del Virus del Papiloma Humano (VPH) (1), el cual constituye la Infección de Transmisión Sexual (ITS) más común en el mundo (2).

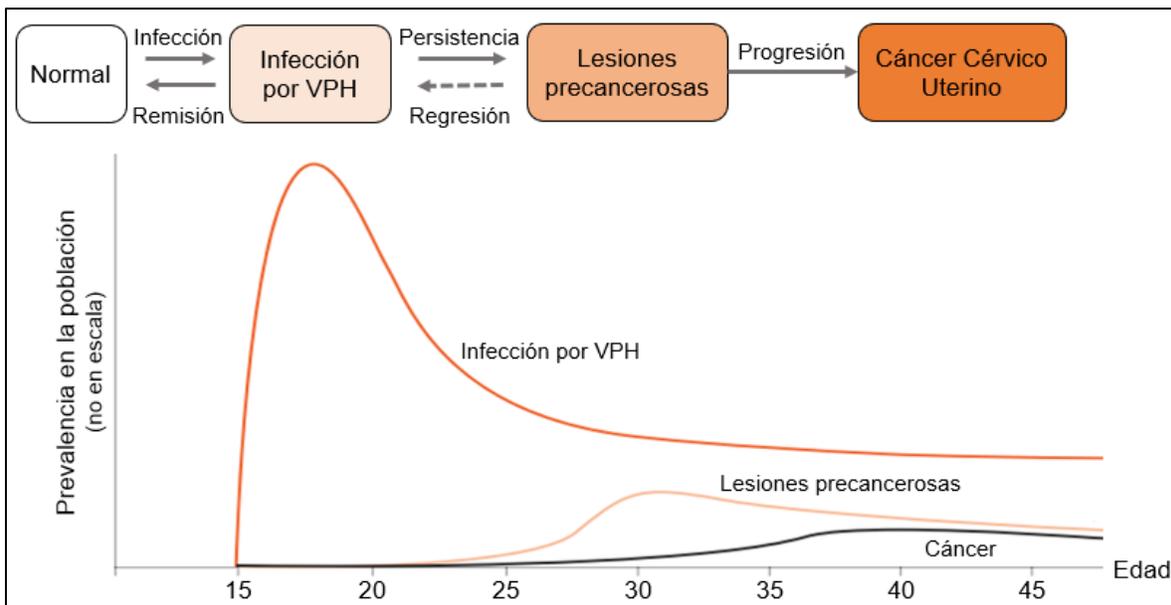
Aun cuando el CCu es uno de los pocos tipos de cáncer que se puede prevenir, tratar y curar, actualmente constituye un importante problema de salud pública a nivel mundial, sobre todo en países menos desarrollados (3). Según proyecciones del *Global Cancer Observatory* (Globocan), en 2020 esta patología se posicionó a nivel mundial como el tercer cáncer más frecuente y como la tercera causa de muerte por cáncer en mujeres. Aproximadamente el 88% de todas las muertes producidas por CCu ocurren en países de escasos recursos (4), siendo en África Oriental donde se registran las tasas de mortalidad más elevadas, con 36.497 muertes estimadas durante 2020.

La razón principal de su impacto actual en poblaciones más vulnerables, es la desigualdad de acceso de las mujeres a la atención en salud, sobre todo en países donde no existen programas de prevención y tratamiento adecuados, o donde el acceso equitativo a dichos programas es deficiente (5). Sin mediar estas intervenciones, el CCu se detecta solo cuando ya está en una etapa avanzada y es demasiado tarde para un tratamiento eficaz. La Organización Mundial de la Salud (OMS) enfatiza que *“hasta que no haya acceso universal a los programas de prevención y control del CCu, las grandes disparidades existentes en diferentes entornos en cuanto a tasas de incidencia y mortalidad seguirán siendo indicio de falta de servicios integrales y eficaces”* (5).

### Historia Natural del Cáncer Cérvico Uterino

El principio fundamental para un enfoque integral de prevención y control del CCu, es actuar sobre la base del conocimiento de la historia natural de la enfermedad, para identificar oportunidades de intervención efectivas en grupos de edad relevantes (6).

La cronología y evolución del CCu sigue una secuencia que comprende tres fases generales, como se ilustra en la Figura 1: i) Fase de infección persistente o crónica con cepas de VPH de alto riesgo oncológico, ii) Fase precursora caracterizada por el desarrollo de lesiones precancerosas, y iii) Fase invasora, con la progresión hacia CCu.



**Figura 1. Historia natural del Cáncer Cérvico Uterino** Se ilustra la prevalencia de infecciones por VPH, desarrollo de lesiones precancerosas y progresión hacia CCu, por edad. Fuente: Organización Mundial de la Salud, texto original: Schiffman M, Castle PE. "The promise of global cervical-cancer prevention" (64).

La mayoría de las mujeres se expone al VPH poco después del inicio de su vida sexual, siendo entre los 15 y los 25 años el periodo de mayor exposición (7), donde la prevalencia de infecciones por VPH puede ser de hasta de un 40% (8). Según su potencial carcinogénico, los VPH se clasifican en tipos de alto o bajo riesgo oncológico. Los VPH de alto riesgo están fuertemente vinculados a la generación

de cáncer, siendo los genotipos 16 y 18 los responsables de cerca de un 70% de los casos de CCu (5,7,9).

Si bien entre un 80-90% de las infecciones por VPH son controladas y eliminadas por el sistema inmune de las pacientes (9), dichas infecciones pueden persistir y hacerse crónicas. Las infecciones persistentes con cepas de VPH de alto riesgo, pueden desencadenar la aparición de lesiones precancerosas en el epitelio del cuello del útero, las que pueden tardar entre 10 a 20 años en llegar a convertirse en cáncer invasor (5). La prevalencia máxima de lesiones precancerosas se produce aproximadamente entre los 30 y 35 años, mientras que por lo general el CCu se desarrolla en mujeres después de los 40 años, siendo más frecuente entre los 50 y 60 años (10).

Las lesiones precancerosas, también denominadas neoplasias intraepiteliales, corresponden a crecimientos celulares anormales que se subdividen en grados según su extensión y gravedad. Por lo general, las lesiones consideradas de bajo grado son transitorias y la mayoría de ellas (entre el 60% a 80%) remiten sin tratamiento dentro de 2 años (9,11). Por otro lado, si bien las lesiones consideradas de alto grado pueden remitir o hacerse persistentes, estas presentan mayores probabilidades de progresar a cáncer invasor, hecho que ocurre cuando las células neoplásicas traspasan la membrana basal del epitelio y comienzan a migrar y extenderse hacia tejidos y órganos cercanos. La invasión puede afectar los vasos sanguíneos y linfáticos y la enfermedad puede extenderse hacia los ganglios linfáticos y órganos distantes (11).

### *Situación en Chile*

En Chile, el CCu corresponde al tercer cáncer más frecuente y a la quinta causa de muerte por cáncer en mujeres. Según estimaciones del Globocan, en el 2020 ocasionó 799 muertes, lo cual significa que en la actualidad aproximadamente 2 mujeres fallecen diariamente a causa de esta enfermedad en nuestro país. No obstante esta situación, cabe señalar que la tasa de mortalidad por CCu en Chile ha disminuido en un 67,28% entre los años 1990 y 2012 (9), gracias a la implementación del Programa Nacional de Cáncer Cérvico Uterino en 1987. Este

programa se basó en recomendaciones de la Organización Mundial y Panamericana de Salud (OMS/OPS) y su creación tuvo por objetivo disminuir la incidencia y tasa de mortalidad por CCu, a través de la prevención, pesquisa, diagnóstico, tratamiento y seguimiento de sus lesiones preinvasoras e invasoras.

Una de las medidas preventivas más importantes implementadas en el mencionado programa, y que ciertamente contribuyó en forma substancial al objetivo de disminuir la incidencia y tasas de mortalidad por CCu en Chile, fue la incorporación del Papanicolaou (PAP) como examen de tamizaje en mujeres entre 25 y 64 años.

### Examen de Papanicolaou

#### *Generalidades*

El examen de PAP tiene como objetivo estudiar la citología exfoliativa del cuello del útero, con el propósito de detectar lesiones precursoras del CCu. La muestra que se obtiene en el PAP corresponde a células que descaman desde la superficie del epitelio cervical y que son recolectadas con un cepillo o espátula, para luego ser extendidas sobre un portaobjetos, fijadas, teñidas y observadas bajo un microscopio (12).

Dependiendo del grado de la lesión evidenciado en la muestra, es posible identificar distintas anomalías morfológicas celulares. En el examen de PAP se evalúa e interpreta la morfología de estas células descamativas, para luego clasificar los hallazgos encontrados estableciendo categorías diagnósticas que permiten guiar la toma de decisiones, ya sea en el seguimiento o derivación de las pacientes.

No hasta hace mucho, los esfuerzos mundiales enfocados a la prevención del CCu se centraron en el *screening* o revisión citológica de sus lesiones precursoras, así como también en el tratamiento oportuno, es decir, antes que dichas lesiones progresen a cáncer invasor (13). En países desarrollados, la implementación de programas de citología cervical bien organizados y de amplia cobertura ha dado lugar a una gran disminución de la incidencia y mortalidad por CCu (14). Es así como países como Islandia y Estados Unidos lograron reducir en 80% y 70%

respectivamente la mortalidad por esta patología, luego de incluir durante los años 90 el PAP en sus programas de detección y control (15).

### *Limitaciones*

Aun cuando el PAP ha contribuido a reducir la incidencia y las tasas de mortalidad por CCu, existen dos factores que determinan altamente su efectividad. Uno de ellos es la cobertura y acceso de la población en riesgo, y el otro es la calidad y precisión del *screening* o revisión citológica de la muestra, por parte de personal calificado (16).

Diversos estudios han revelado que la citología presenta una baja reproducibilidad interobservador, encontrándose discordancias tanto entre los profesionales que analizan e interpretan la muestra (citotecnólogos y citopatólogos), como entre distintos laboratorios de citodiagnóstico especializados (16–18). Uno de los estudios más importantes realizados en Estados Unidos, el ASCUS-LSIL en 2001, mostró que en general la precisión y la reproducibilidad de la citología entre observadores es moderada, siendo sobre todo variable en categorías diagnósticas atípicas de bajo grado (que presentan características *borderline*) y en lesiones escamosas de alto grado, las cuales presentaron una concordancia de solo 43% y 47% respectivamente, al comparar los diagnósticos realizados por 7 centros clínicos y 4 grupos de expertos para el control de calidad (18).

Hallazgos similares han sido reportados en estudios más pequeños o de menor alcance. Un estudio realizado en Noruega concluye que la concordancia entre cuatro citopatólogos de tres hospitales distintos fue moderada al evaluar 100 casos de citología ginecológica, con una variación en la precisión diagnóstica entre 74% y 84% y una variación en la sensibilidad en la detección de lesiones de alto grado de 68% a 93,8% (17). En Filadelfia, un estudio realizado con 20 casos y 5 citopatólogos expertos, determinó que el grado de concordancia exacta fue de 35% (7/20), observándose una discordancia de más de una categoría de magnitud en el 35% (7/20) de los casos y una discordancia en dos categorías de magnitud en el 30% (6/20) restante (19).

La variabilidad existente en el examen de PAP, es causada probablemente por diferentes interpretaciones de los criterios morfológicos que permiten clasificar las lesiones observadas en determinadas categorías diagnósticas. Por esta razón, no es de extrañar que la mayor discordancia ocurra en categorías atípicas *borderline* (18) o en citologías donde las lesiones observadas carecen de la morfología “clásica” que caracteriza una determinada categoría diagnóstica (19).

Dado que los resultados del examen de PAP influyen directamente en la toma de decisiones y el manejo clínico de las pacientes, las diferentes interpretaciones diagnósticas de una muestra citológica pueden llevar a un manejo clínico radicalmente distinto. Es importante señalar que los casos que resultan ser falsos negativos representan potencialmente el mayor riesgo, ya que generan una falsa sensación de seguridad, tanto en el personal clínico como en las pacientes (20).

La precisión del examen de PAP puede ser determinada mediante la comparación del diagnóstico citopatológico informado en el PAP por una parte, y la técnica de referencia, la que históricamente corresponde al diagnóstico histopatológico informado en la biopsia correspondiente (21). Universalmente no existe acuerdo respecto del nivel óptimo para la correlación citohistológica, pudiendo encontrarse valores que oscilan entre el 60% y >95% de concordancia (22). En Chile, en el año 2018 la correlación fue de 62,8% para el total de laboratorios públicos que forman parte de la Red Nacional, registrándose ese mismo año un 4,6% de casos que resultaron ser falsos negativos (23).

Diversas razones permiten explicar estos niveles de discordancia. Entre ellas se pueden incluir errores en la toma, procesamiento e interpretación, tanto de la muestra citológica, como de la biopsia correspondiente (24). Un estudio realizado en 2019 bajo los lineamientos de la Sociedad Americana de Citopatología (25), determinó que del 26,9% de casos discordantes: a) el 31,5% se atribuyó a errores de muestreo, donde las células representativas de la lesión no se encontraron en la citología (en caso de una biopsia positiva) o en la biopsia (en caso de una citología positiva), b) el 19,5% se atribuyó a error de detección (*screening*) en la citología, donde las células anormales estaban presentes en el PAP pero no fueron

detectadas, y c) el 39,1% se atribuyó a error interpretativo, donde se detectó la presencia de células anormales, pero estas fueron incorrectamente clasificadas.

### Entrenamiento en citodiagnóstico

Debido a que se ha demostrado que la interpretación de la citología ginecológica presenta cierto grado de subjetividad inherente en la clasificación morfológica certera de las alteraciones observadas, resulta de vital importancia contar con personal altamente calificado en el diagnóstico de patrones morfológicos complejos y variados, además de contar con programas de control de calidad en los laboratorios de citopatología, así como evaluaciones y entrenamiento continuo del personal que analiza la muestra.

#### *¿Qué implica el nivel de experiencia en citodiagnóstico?*

Es importante hacer notar que la subjetividad diagnóstica del examen de PAP y la incidencia de errores de detección y de interpretación, se encuentran altamente determinadas por la experiencia y habilidad del profesional que analiza y diagnostica la muestra. Tanto la interpretación citológica como la histopatológica, se basa en: a) una combinación compleja de señales visuales, captadas principalmente a través del reconocimiento de patrones, b) una comprensión detallada de los procesos patológicos y c) conocimiento de la fisiología (26). Los profesionales expertos en esta área, consiguen conceptualizar y procesar información perceptiva de forma eficaz, logrando reconocer patrones visuales y ejecutando procesos analíticos de manera rápida y precisa para llegar a un diagnóstico diferencial (26,27).

Se ha planteado que la experiencia implica una serie de habilidades que emergen de cambios en la forma en que se extrae la información (28). En citopatología, estos cambios implican tanto efectos en la habilidad para extraer información relevante de una determinada imagen citológica, mientras se ignora aquella información irrelevante; como también efectos en la velocidad y eficiencia con la que dicha información relevante es extraída (27,29,30). Estas habilidades se conocen como descubrimiento (*discovery*) y fluidez (*fluency*) respectivamente, y pueden tomar varios años en ser desarrolladas (29,30).

En la Tabla 1 se compara la forma en que principiantes y expertos extraen información según estas habilidades. Con la práctica, la mejora en habilidades de detección se ve reflejada en un incremento de la selectividad atencional, así como en la capacidad de relacionar características morfológicas de forma más compleja e integral. Por otro lado, la fluidez mejora en términos de la automaticidad en el proceso de extracción de información y la carga cognitiva que esto implica, lo que posibilita un procesamiento más paralelo y rápido de la información (28).

**Tabla 1. Habilidades en la extracción de información de expertos y principiantes**

Habilidades		Principiante	Experto
Descubrimiento	Selectividad	Poco selectivo, presta atención a información relevante e irrelevante	Muy selectivo, filtra información relevante
	Análisis	Genera relaciones menos complejas de la información, centrandó su análisis en características sencillas con poca integración de conjunto	Relaciones más complejas y análisis de características en su conjunto
Fluidez	Tipo de búsqueda	Procesamiento en serie	Procesamiento en paralelo
	Carga cognitiva	Alta	Baja
	Velocidad	Lento	Rápido

Forma en que expertos y principiantes extraen información según habilidades de descubrimiento y fluidez. Fuente: Tabla adaptada de Philip J. Kellman "Adaptive and Perceptual Learning Technologies in Medical Education and Training" (28).

### *Programas de entrenamiento en citodiagnóstico y sus limitaciones*

La naturaleza de cómo se desarrolla y mejora la experiencia y habilidad en citopatología es un tema que solo recientemente ha comenzado a ser explorado (29). Habitualmente, se suele asumir que para ganar experiencia y mejorar las habilidades interpretativas, es necesario someterse a extensos y repetitivos periodos de entrenamiento supervisado (26). Como lo han señalado Krasne y cols., "En general, los aspectos fácticos y conceptuales del aprendizaje en citodiagnóstico se enseñan de manera sistemática (generalmente verbal), mientras que se asume que el reconocimiento avanzado de patrones y la automaticidad surgirán de forma

natural a través de un largo periodo de aprendizaje. Esta visión del desarrollo de habilidades deja que aspectos cruciales del aprendizaje ocurran en forma no sistemática, durante períodos de tiempo no especificados, y con resultados que a menudo no son cuantificados” (27).

En Chile, las estrategias de entrenamiento en citodiagnóstico siguen el mismo principio de exposición prologada a un elevado número de casos y escenarios de clasificación y corrección. En la mayoría de los programas de entrenamiento, tanto en pregrado como en cursos de capacitación profesional, las correcciones se basan en la correlación entre el diagnóstico del aprendiz y del tutor, pero no son muy eficientes a la hora de proveer una retroalimentación más fina y estructurada.

Cabe mencionar también, que en Chile los cursos y programas de citodiagnóstico definen una serie de competencias que abarcan aspectos profesionales generales (ya sea del perfil de egreso de tecnólogos médicos o médicos patólogos), pero no definen las competencias profesionales propias de la citopatología, donde se expliciten aquellas habilidades específicas de la disciplina que permitan orientar la definición de objetivos e indicadores de aprendizaje, hecho que se desprende de la revisión y análisis de los programa de citopatología de la carrera de tecnología médica (revisión personal).

Por otra parte, en los programas de entrenamiento centrados en el *screening* de un número arbitrario de casos, resulta difícil garantizar una exposición amplia y un acceso equitativo al material educativo. Esto se debe a que, por una parte, la frecuencia con que se presentan ciertos casos en la rutina de un laboratorio es variada, y por otra, la mayoría de los casos inusuales se encuentran archivados en forma física (placas de vidrio), lo que impone ciertos límites a su utilización, debido principalmente a su vulnerabilidad al deterioro, quiebre y extravío (31). Por lo anterior, la mantención de colecciones de casos variados, que posean características morfológicas representativas, implica el reemplazo constante del material citológico y la búsqueda de nuevos casos. Esta tarea se vuelve un desafío cuando se requiere reemplazar muestras pertenecientes a categorías diagnósticas poco frecuentes.

El uso de microscopios ópticos convencionales como herramienta para el aprendizaje también impone ciertas desventajas, como lo son: 1) dificultad para marcar regiones de interés y señalar hallazgos citológicos claves para el diagnóstico, 2) limitación en el número de usuarios que pueden visualizar de forma simultánea los preparados citológicos y 3) necesidad de espacio y recursos físicos para mantener microscopios y puesto de trabajo (32).

Actualmente, este último punto se ha convertido en un gran desafío debido a la situación sanitaria que se vive en el mundo por la pandemia del Covid-19. La necesidad de disminuir los aforos en los espacios de trabajo y limitar los traslados, ha perjudicado la óptima realización de internados profesionales y cursos de capacitación profesional, imposibilitando además la realización de teletrabajo en esta área.

### *¿Cómo mejorar las metodologías de entrenamiento?*

Con el propósito de superar las limitaciones actuales que poseen estos programas de entrenamiento, se ha planteado el uso de distintas tecnologías de apoyo a la enseñanza, que han comenzado a ser exploradas para mejorar y apoyar la formación y capacitación, tanto en citopatología como en histopatología y otras áreas afines. A continuación se revisa cada una de ellas.

#### 1) Microscopía virtual

Muchos de los inconvenientes descritos anteriormente en cuanto a las limitaciones en el uso de microscopios ópticos convencionales y láminas citológicas de vidrio, han sido superados en otros países gracias a la incorporación de la Microscopía Virtual (MV). Esta tecnología innovadora hace uso de escáneres de láminas automatizados para la adquisición y generación de imágenes digitales de alta resolución, denominadas láminas digitales (WSI, del inglés *Whole Slide Images*), que representan la totalidad de la muestra contenida en un portaobjeto de vidrio (32,33). La MV permite observar la lámina escaneada en múltiples resoluciones desde la pantalla de un computador, *Tablet* e incluso teléfono celular, accediendo a este contenido desde la *web*, por medio de visualizadores *online*.

El origen de esta tecnología se remonta a la década de los 80 y 90, donde tuvo lugar el desarrollo de microscopios escaneadores de láminas y de *softwares* que mejoraron la visualización de las láminas digitales generadas, al incorporar la capacidad de realizar vistas panorámicas y en *zoom* de forma rápida y dinámica, simulando el funcionamiento de un microscopio convencional. A finales de los 90, comenzó a ser posible transmitir estas imágenes por internet gracias al desarrollo de visualizadores *online*, que permitieron hacer más accesible esta tecnología desde lugares remotos. Más tarde en 2001, uno de los avances más relevantes que permitió agregar valor educacional al uso de láminas digitales, fue la incorporación de herramientas de anotación que permitieron marcar y señalar regiones de interés, además de incorporar texto sobre las láminas (32,34).

En la actualidad, el perfeccionamiento y avance tecnológico de escáneres y visualizadores, ha permitido incorporar en algunos equipos el “enfoque virtual”, que emula la función del micrométrico en el microscopio, permitiendo observar elementos en distintos planos de profundidad. La opción de contar con múltiples planos de enfoque es una funcionalidad muy útil, sobre todo en citología, microbiología, hematología y otras áreas de estudio donde se utilizan frotis citológicos y preparaciones en base líquida (34).

En citopatología, la MV ha sido considerada como una herramienta prometedora que permite al usuario realizar y entrenar el *screening* citológico, al simular la experiencia en un microscopio convencional, permitiendo recorrer la lámina, cambiar de objetivo y enfocar distintos elementos celulares (35).

Esta tecnología tiene la capacidad de superar muchas de las limitaciones de los programas de entrenamiento en citodiagnóstico actuales (descritos en la sección anterior “Programas de entrenamiento en citodiagnóstico y sus limitaciones”), permitiendo: 1) un acceso remoto y masivo al material citológico, 2) preservación de muestras citológicas en alta resolución y calidad, 3) generación de colecciones de casos perdurables en el tiempo, 4) capacidad de marcar regiones de interés y agregar información complementaria útil para la retroalimentación y formación del

criterio citológico y 5) eliminar la necesidad de contar con espacios físicos y una gran cantidad de microscopios (34–36).

Un estudio realizado en la Universidad y Centro Médico de Nebraska, demostró que el aprendizaje en citopatología a través de MV puede ser aplicado exitosamente para mejorar el desempeño de estudiantes en el diagnóstico de casos con microscopía convencional (37). La utilización de láminas digitales en cursos de formación, capacitación y evaluación profesional es cada vez más frecuente, reportándose numerosas implementaciones que destacan los beneficios de su uso en la enseñanza, entrenamiento y evaluación en patología (33,37,38).

No obstante lo anterior, se ha planteado que la sola utilización de láminas digitales no es suficiente para mejorar la discriminación y categorización de características diagnósticas, sugiriendo que se necesita un apoyo adicional (39). Dicho apoyo hace referencia a la incorporación de ambientes interactivos de aprendizaje, capaces de proveer orientación por medio de mecanismos de retroalimentación personalizados, que se adapten a las necesidades individuales de cada aprendiz (40).

## 2) Aprendizaje adaptativo

### ¿Qué es el aprendizaje adaptativo?

Como ya ha sido mencionado, para reforzar el aprendizaje continuo en citopatología, se requiere entrenar utilizando múltiples episodios de clasificación y retroalimentación, además de contar con suficiente variabilidad dentro y entre las categorías diagnósticas a discriminar (27). Se ha planteado que el trabajo con sistemas que sean capaces de proveer una retroalimentación efectiva, que pueda guiar a los aprendices a la resolución de problemas o, en este caso, a la discriminación de características diagnósticas, puede mejorar el proceso de aprendizaje (41). Como señala Judith L. Bowen “*una retroalimentación cognitiva eficaz, incluye señalar información significativa para el diagnóstico, identificar hallazgos redundantes o irrelevantes y resaltar las características discriminatorias, incluyendo su peso relativo o importancia para sacar conclusiones sobre el diagnóstico correcto*” (42).

Una de las características claves en el apoyo al aprendizaje, es la personalización de la retroalimentación a los conceptos erróneos específicos que presenta cada aprendiz. Proveer una retroalimentación con capacidad adaptativa dentro de un ambiente de aprendizaje, es una estrategia útil puesto que cada aprendiz posee diferentes características personales (40,41). Una forma de proporcionar esta retroalimentación es haciendo uso de metodologías de aprendizaje adaptativo (AL, del inglés *Adaptive Learning*).

El AL describe el ajuste dinámico de un programa de aprendizaje de acuerdo a los conocimientos previos, objetivos y preferencias de los alumnos (29). La idea que sustenta el AL es eliminar los elementos de aprendizaje redundantes (es decir, aquellos conceptos que el alumno ya domina) a medida que avanza el entrenamiento. De esta manera, el programa enfoca el esfuerzo del aprendiz hacia aspectos y conceptos que aún debe lograr, adaptando el contenido y actividades de aprendizaje según su progreso y necesidades, lo cual permite optimizar el aprendizaje personalizado.

### Módulos de Aprendizaje Electrónico Adaptativos

El amplio uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y el avance en tecnologías *web* de la última década, han permitido implementar las metodologías de AL por medio de herramientas de *E-learning*, permitiendo la creación de Módulos de Aprendizaje Electrónico Adaptativos (AELM, del inglés *Adaptive eLearning Modules*). Los AELM corresponden a ambientes de aprendizaje electrónicos que toman en consideración las interacciones y niveles de desempeño de cada aprendiz, para anticipar el tipo de contenido o recurso que mejor satisface sus necesidades (43).

Los AELM pueden ser utilizados para presentar y reforzar contenido de forma innovadora, al proveer de retroalimentación inmediata dependiendo del progreso del aprendiz. Estos módulos pueden utilizar las respuestas de los alumnos para individualizar los planes de estudio y reforzar los contenidos con mayor profundidad, además de proveer de información detallada al instructor respecto del desempeño de los estudiantes, lo que permite evaluar distintos indicadores de aprendizaje e

identificar de forma bastante precisa aquellas habilidades o contenidos que van mejorando y aquellas donde es necesario dar un mayor refuerzo (31).

Los AELM pueden ser generados desde plataformas especializadas diseñadas para este propósito, o a través de la utilización de plataformas de gestión del aprendizaje que incorporen estas metodologías. Tales plataformas corresponden a *softwares* basados en tecnologías *web*, que proveen mecanismos no solo para el seguimiento del proceso de aprendizaje, análisis estadístico e informe de actividades y calificaciones, sino que también están provistas de una serie de herramientas de evaluación, creación y administración de cursos y usuarios, para la generación de ambientes de aprendizaje autónomos e interactivos (44,45).

Uno de los aspectos prácticos que hay que tener en consideración a la hora de generar un AELM, es la metodología de adaptabilidad que se desea implementar. A grandes rasgos, esta puede ser de dos tipos: 1) adaptabilidad diseñada, basada en opinión experta, donde es el educador quien diseña la secuencia del contenido para guiar a los estudiantes, especificando cómo la tecnología debe responder ante determinadas situaciones, y 2) adaptabilidad algorítmica, basada en algoritmos que determinan las características individuales de los aprendices, para determinar la secuencia de presentación del contenido, haciendo uso de técnicas de modelamiento derivadas del campo de la ciencia de la computación y la inteligencia artificial (43).

### AELMs en citopatología

Un meta-análisis y revisión bibliográfica realizado en Canadá, destinado a evaluar la eficacia de los AELMs en profesionales y estudiantes de la salud, destacó que en 12 de 17 estudios que utilizaron esta metodología para la enseñanza en distintas disciplinas con distintas metodologías adaptativas, se observaron mejoras estadísticamente significativas en los resultados de aprendizaje, al compararlos con otras intervenciones educacionales (43). Según esta revisión, la mayoría de los AELMs desarrollados a la fecha se encuentran en el área de patología, específicamente en dermatopatología y citopatología.

En citopatología, destacan los estudios de Danielle Samulski y Simone Van Es. Por un lado, el estudio de Samulski *et al* exploró la eficiencia y la percepción usuaria de estos módulos para la enseñanza de conceptos básicos en citodiagnóstico, utilizando imágenes estáticas (microfotografías) como material educativo, una plataforma adaptativa especializada (Smart Sparrow) y metodologías de adaptabilidad diseñada, para la creación del módulo. En este estudio, se observó un aumento global del rendimiento de los participantes luego de interactuar con el módulo diseñado, siendo mayor que el rendimiento obtenido utilizando métodos tradicionales (basados en textos y colecciones de láminas). Además, se reportó una buena aceptación y preferencia de los participantes por el uso de esta tecnología por sobre los métodos tradicionales (46).

A diferencia del estudio anterior, Simone Van Es *et al* exploraron la eficacia y eficiencia del uso de AELMs utilizando láminas digitales como material educativo, para la enseñanza de conceptos en citopatología y la comparación con métodos de estudio tradicionales. Este grupo utilizó la misma plataforma y metodología adaptativa (Smart Sparrow y adaptabilidad diseñada) para diseñar lo que denominaron Tutoriales Adaptativos de Microscopía Virtual (VMATs, del inglés *Virtual Microscopy Adaptive Tutorials*), los cuales fueron aplicados tanto a graduados como a estudiantes de medicina de pregrado. Estos autores mostraron que la eficacia de los tutoriales adaptativos fueron equivalentes a los métodos tradicionales remarcando, sin embargo, que las mejoras en la experiencia de aprendizaje y la eficiencia percibida por los participantes, respaldaron el valor y la utilidad de los tutoriales adaptativos (47,48).

### *Planteamiento de investigación*

A la fecha no existe en nuestro país una experiencia que integre en una misma plataforma las ventajas y oportunidades que ofrece la MV y los AELMs, y que esté enfocada al perfeccionamiento y evaluación de competencias profesionales específicas en citodiagnóstico.

En Chile, la adquisición en el año 2013 de escáneres capaces de digitalizar preparados en alta resolución y con capacidad de enfoque virtual, permitiría superar

una de las limitaciones del módulo adaptativo diseñado por Simone Van Es *et al*, relacionado al uso de láminas digitales bidimensionales, que en tal estudio no tenían la capacidad de enfoque en distintos planos del eje z. En citopatología, la evaluación y observación tridimensional de grupos celulares es fundamental para el diagnóstico de algunas categorías patológicas, por lo que contar con láminas digitales con capacidad de enfoque permitiría simular de mejor manera la experiencia práctica del *screening* citológico y constituir un material educativo mucho más adecuado.

Contar con esta ventaja tecnológica permite preguntarse si la implementación de una herramienta digital que incorpore el uso de tales láminas digitales, que esté diseñada en un ambiente virtual *online* bajo los principios del AL, es decir, con secuenciación de escenarios de evaluación e interpretación citológica, y entrega de contenido explicativo personalizado, podría ser utilizada exitosamente para el entrenamiento y fortalecimiento de habilidades profesionales en citopatología.

En virtud de lo anteriormente expuesto, esta Tesis pretende evaluar y validar la utilidad y efectos en el fortalecimiento de competencias diagnósticas, de un Módulo de Entrenamiento Online en Citodiagnóstico Ginecológico, construido en base a láminas digitales de exámenes de PAP y esquemas de aprendizaje adaptativo, aplicado a un grupo de citotecnólogas(os) y citopatólogas(os).

## Hipótesis

La aplicación de un Módulo de Entrenamiento *Online* basado en microscopía virtual y aprendizaje adaptativo contribuye al fortalecimiento de competencias diagnósticas y desarrollo de habilidades interpretativas en citodiagnóstico ginecológico.

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar la utilidad y efecto del Módulo de Entrenamiento *Online* propuesto, en el fortalecimiento de competencias diagnósticas en citología ginecológica en un grupo de citotecnólogas(os) y citopatólogas(os).

### Objetivos Específicos

- 1) Diseñar y construir el Módulo de Entrenamiento
- 2) Aplicar el Módulo de Entrenamiento a un grupo de citotecnólogas(os) y citopatólogas(os).
- 3) Evaluar los efectos de la aplicación del Módulo de Entrenamiento en la población objetivo.

## Material y Método

### Diseño y construcción del Módulo de Entrenamiento

- 1) Selección de competencias y subcompetencias

Con el propósito de orientar el diseño y construcción del Módulo de Entrenamiento, se realizó una selección de competencias y subcompetencias específicas del área de citodiagnóstico. Esta selección se basó en la revisión de estándares internacionales, donde se describe el quehacer y perfil profesional de citotecnólogos/citopatólogos. En particular, para esta tesis se revisaron dos

documentos<sup>1</sup> en los que se describen las competencias mínimas que deben poseer los profesionales que comienzan su vida laboral.

Para este estudio se seleccionó una de las competencias relacionadas al “*screening* e Interpretación” y tres subcompetencias específicas, para validar el modelo de trabajo que se quiere implementar utilizando las tecnologías propuestas. Esta competencia y sus subcompetencias se encuentran descritas en la Tabla 2.

**Tabla 2. Competencia y subcompetencias seleccionadas.**

Competencia
Evalúa adecuadamente la morfología de entidades celulares y no celulares presentes en la muestra.
Subcompetencias
1) Reconoce microscópicamente componentes celulares negativos para lesiones intraepiteliales o malignidad.
2) Reconoce microscópicamente hallazgos no neoplásicos asociados a cambios celulares producidos por microorganismos.
3) Reconoce y diferencia microscópicamente anormalidades epiteliales escamosas y glandulares.

Competencia y subcompetencias seleccionadas en base a la revisión estándares internacionales<sup>1</sup>.

Es necesario enfatizar que la competencia seleccionada engloba habilidades básicas relacionadas con la precisión del diagnóstico final, el cual comprende tanto la detección como el reconocimiento adecuado de elementos celulares que permitan identificar un determinado proceso patológico. Deficiencias en estas habilidades se relacionan directamente con la ocurrencia de errores de detección (es decir, células anormales presentes en la muestra, pero no son detectadas) e interpretación (se detecta la presencia de células anormales, pero se clasifican

---

<sup>1</sup> “Estándares y Pautas para la Acreditación de Programas Educativos en Citotecnología” elaborado por la Comisión de Acreditación de Programas Aliados de Educación en Salud (CAAHEP) (61) y “Perfil de Competencia en Citología Diagnóstica” elaborado por la Sociedad Canadiense de Ciencias de Laboratorio Médico (62).

incorrectamente), por lo que entrenarlas y fortalecerlas podría evitar o disminuir la incidencia en este tipo de errores.

Las subcompetencias seleccionadas, por otra parte, se relacionan con la aplicación de estas habilidades en la discriminación de distintas entidades celulares básicas, que son necesarias de reconocer y discriminar entre sí para un correcto diagnóstico. Dichas entidades incluyen: componentes celulares normales, alteraciones celulares asociadas a la infección con algunos microorganismos y alteraciones celulares relacionadas con procesos neoplásicos, tanto de tipo escamoso como glandular. Si bien existen otras entidades posibles de discriminar y otras subcompetencias ligadas a la competencia seleccionada, para probar la metodología de trabajo solo se considerarán las tres seleccionadas (ver Tabla 2), lo que permite focalizar el estudio.

## 2) Definición de objetivos e indicadores de aprendizaje

En base a la competencia y subcompetencias seleccionadas, se definieron los objetivos de aprendizaje del Módulo de Entrenamiento y sus respectivos indicadores. Ambos se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Objetivos e indicadores de aprendizaje.**

Objetivos de Aprendizaje	Indicadores de Aprendizaje	
<p><b>N°1</b></p> <p>Optimizar el nivel de acierto en la detección de lesiones cervicales</p>	<p><b>% falsos negativos</b></p>	$\frac{\text{falsos negativos}}{\text{total de casos}} \times 100$
<p><b>N°2</b></p> <p>Mejorar la certeza en la interpretación de lesiones cervicales</p>	<p><b>% correlación exacta</b></p>	$\frac{\text{clasificaciones correctas}}{\text{total de casos}} \times 100$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % subdiagnósticos</li> </ul>	$\frac{\text{subdiagnósticos}}{\text{total de casos}} \times 100$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % sobrediagnósticos</li> </ul>	$\frac{\text{sobrediagnósticos}}{\text{total de casos}} \times 100$

Definición los objetivos de aprendizaje del Módulo de Entrenamiento y sus respectivos indicadores de aprendizaje. En la tercera columna se especifica la fórmula de cálculo.

Debido a que la competencia seleccionada hace referencia a la precisión del diagnóstico final, se definieron dos grandes objetivos de aprendizaje: uno enfocado en mejorar la habilidad de detección y otro en mejorar la interpretación de lesiones cervicales.

Para medir el cumplimiento del primer objetivo, se definió el porcentaje de falsos negativos como el indicador de aprendizaje. Como ya se ha señalado, los falsos negativos corresponden a aquellos casos en que la muestra presenta una lesión, pero que se diagnostican como negativos para células neoplásicas o malignidad. Sin considerar los errores de detección asociados a una mala toma o procesamiento de la muestra, los falsos negativos permiten medir de forma bastante directa las habilidades de detección del profesional que diagnostica la muestra, razón por la cual este indicador fue elegido para medir el primer objetivo de aprendizaje.

Para el segundo objetivo de aprendizaje, se definió el porcentaje de correlación exacta como indicador de aprendizaje. La correlación exacta hace referencia a los casos donde el diagnóstico emitido por el profesional coincide plenamente con el diagnóstico real del caso. Este indicador da cuenta del nivel de acierto en la interpretación citológica de un caso, por lo que permite medir directamente el cumplimiento del segundo objetivo de aprendizaje.

Adicionalmente, para la medición del segundo objetivo de aprendizaje, se definirá el subdiagnóstico y el sobrediagnóstico como indicadores de aprendizaje complementarios, ya que permiten evaluar las razones por las cuales un diagnóstico emitido fue mal interpretado. Estos indicadores se definen como:

- Subdiagnóstico: casos en que la muestra presenta una lesión grave, pero que es diagnosticada dentro de una categoría menos severa.
- Sobrediagnóstico: casos en que la muestra es clasificada dentro de una categoría más severa a la que corresponde la lesión que presenta.

Cabe destacar que la congruencia entre la competencia seleccionada y los objetivos e indicadores de aprendizaje definidos, fue evaluada por un asesor pedagógico con experiencia en la elaboración de programas basados en competencias.

### 3) Selección y creación del contenido

El Módulo de Entrenamiento se diseñó sobre la base de presentación y resolución de problemas, esto es, presentando casos clínicos a los participantes y luego incentivándolos a interpretarlos y sobre esa base emitir una conclusión diagnóstica.

Para la creación del contenido del módulo y con el propósito de definir su alcance, se seleccionaron en primer lugar las categorías diagnósticas a entrenar. Posteriormente, se procedió a la recolección y digitalización del material citológico, el que fue aportado por el Centro de Oncología Preventiva de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile (COP-Uchile).

Finalmente, la creación del contenido se orientó, por un lado, al diseño y elaboración de ítems que tuvieron el propósito de entrenar y evaluar habilidades de detección e interpretación (alineadas a los objetivos de aprendizaje definidos anteriormente), y, por otro lado, al diseño y elaboración de la retroalimentación adaptativa, que permitiera corregir, orientar y complementar el proceso de aprendizaje de los participantes, según sus necesidades individuales. La realización de cada una de estas tareas se describe en detalle a continuación:

#### - *Definición de categorías diagnósticas*

La selección de las categorías diagnósticas a ser reforzadas en el Módulo de Entrenamiento se realizó considerando las tres subcompetencias definidas anteriormente (ver Tabla 2). A continuación se detallan dichas categorías y el tipo de muestras contenidas en cada una de ellas:

- 1) Negativo para lesión intraepitelial o malignidad: Corresponde a elementos celulares normales y con hallazgos de microorganismos.
- 2) Lesión intraepitelial escamosa de bajo grado: Incluye exámenes diagnosticados como cambios asociados a infección por VPH y neoplasia intraepitelial grado I (NIE I).
- 3) Lesión intraepitelial escamosa de alto grado: Incluye exámenes diagnosticados como neoplasia intraepitelial grado II y III (NIE II y NIE III respectivamente) y carcinoma in situ (CIS).
- 4) Carcinoma escamoso: Incluye lesiones invasoras de origen escamoso.

- 5) Adenocarcinoma: Incluye lesiones invasoras de origen glandular, en específico casos de adenocarcinoma endocervical.

Se excluyeron de este estudio las lesiones atípicas, tanto escamosas como glandulares, debido a que los cambios citológicos que estas representan son cualitativa y cuantitativamente insuficientes para establecer una identificación definitiva (Bethesda, 2017)<sup>2</sup>.

- *Digitalización de láminas de PAP*

Como se mencionó previamente, el material citológico fue solicitado al Centro de Oncología Preventiva de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile (COP-Uchile), contando con la autorización de su directora para la digitalización (carta de autorización en el Anexo 1).

En primer lugar, se realizó una preselección a través del sistema informático CitoExpert<sup>3</sup> del COP-Uchile. Esta preselección comprendió un total de 20 láminas con citología y diagnóstico histológico confirmatorio de cada una de las categorías diagnósticas seleccionadas.

Para la selección de casos positivos (categorías 2-5 de la lista descrita en la Sección “Definición de categorías diagnósticas”), se contó con el apoyo y revisión de dos citopatólogas expertas del COP-Uchile, ambas con más de 10 años de experiencia en citodiagnóstico ginecológico. Cada experta clasificó el material citológico preseleccionado (PAPs con biopsia confirmatoria del mismo diagnóstico) según la representatividad de las lesiones detectadas. Solo aquellos casos que ambas patólogas clasificaron como representativos de cada categoría diagnóstica fueron seleccionados para esta tesis.

La digitalización fue realizada en el Centro de Patología Digital Asistida por Internet (CPDAI)<sup>4</sup>, utilizando un escáner de láminas modelo Hamamatsu NanoZoomer XR. Las placas fueron digitalizadas de acuerdo a un protocolo de escaneo para biopsias,

---

<sup>2</sup> Sistema utilizado para establecer una terminología diagnóstica uniforme en el informe citológico, que facilita la comunicación entre el laboratorio y el clínico.

<sup>3</sup> <https://controlcacx.med.uchile.cl/controlcacx/index.php>

<sup>4</sup> [www.microscopiavirtual.com](http://www.microscopiavirtual.com)

que tuvo que ser adaptado específicamente para láminas de PAP convencionales. Finalmente, se escanearon 70 exámenes de PAP en resolución 40x, 14 placas por cada una de las 5 categorías consideradas.

Las láminas digitales fueron almacenadas en un servidor del Sistema de Almacenamiento y Servicios Informáticos Biomédicos Avanzados (SASIBA)<sup>5</sup> dispuesto por CPDAI. Para la gestión y visualización de las imágenes se utilizó el software *online* NDP.Serve, asociado comercialmente al escáner Hamamatsu y disponible en la Red de Equipamiento Técnico Avanzado (REDECA) de la Facultad de Medicina.

La digitalización de los casos y almacenamiento de las láminas digitales generadas fue posible gracias a la adjudicación de fondos concursables del ICBM mediante la Postulación al Proyecto Experimento Crítico ICBM 2019 (fallo de la postulación en Anexo 2) y al financiamiento parcial del Proyecto Fondecyt N°1181823.

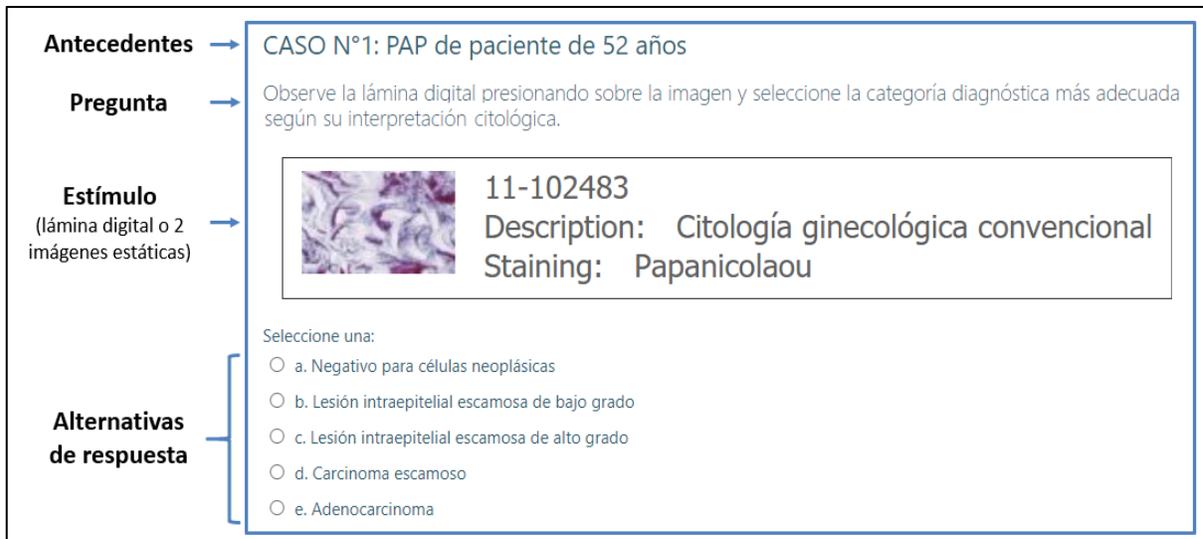
#### - *Diseño y elaboración de ítems*

Los ítems se diseñaron en base a alternativas de selección múltiple, donde se presenta un determinado caso y luego se pregunta respecto del diagnóstico correcto. De esta manera, cada ítem se compuso de un caso (estímulo visual), una pregunta y 5 alternativas de respuesta, correspondientes a las categorías diagnósticas seleccionadas.

Dependiendo de la habilidad a entrenar, se generaron 2 tipos de ítems: 1) uno donde el estímulo visual correspondía a una lámina digital, el cual perseguía fundamentalmente el propósito de entrenar habilidades de detección o *screening* citológico, y 2) otro donde el estímulo visual correspondía a un par de imágenes estáticas, el cual perseguía el propósito de entrenar sobre todo habilidades interpretativas. La Figura 2 ilustra el diseño y componentes básicos de un ítem del Módulo de Entrenamiento.

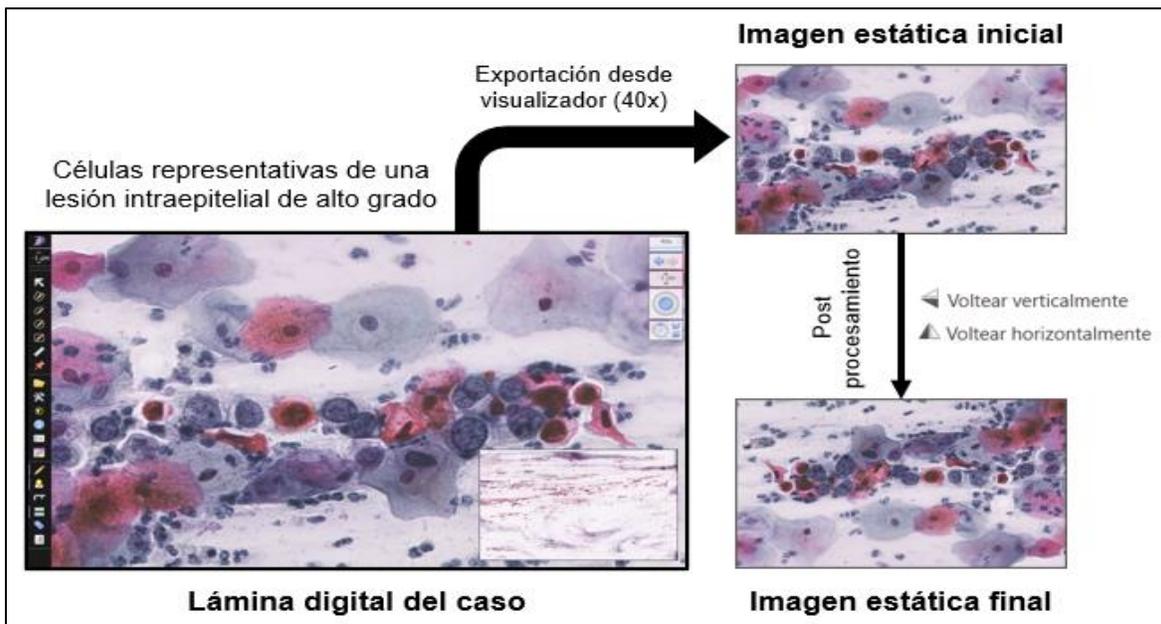
---

<sup>5</sup> <https://redeca.med.uchile.cl/sasiba/>



**Figura 2. Diseño y componentes básicos de un ítem.** Cada ítem está compuesto por cuatro elementos fundamentales: 1) antecedentes generales del caso; 2) la pregunta que describe la acción a seguir por el/la participante; 3) un estímulo visual, que corresponde a la lámina virtual o imágenes estáticas correspondientes al caso y 4) las alternativas que permiten seleccionar una respuesta a la pregunta.

Las imágenes estáticas fueron obtenidas de regiones representativas de las mismas láminas digitales escaneadas. Con el propósito que los participantes no identifiquen las imágenes estáticas en la lámina digital de origen, estas fueron volteadas vertical y horizontalmente, como se representa en la Figura 3.



**Figura 3. Proceso de creación de imágenes estáticas.** En este ejemplo, se utilizó un caso diagnosticado como lesión intraepitelial de alto grado. Se buscó y seleccionó en la lámina digital del caso, aquella región que contenía las células más representativas y se exportó una imagen en JPG en aumento 40x desde el visualizador de láminas. Esta imagen fue volteada vertical y horizontalmente para generar la imagen estática final a utilizar para la creación de ítems.

Diversas combinaciones de estos ítems se utilizaron para diseñar las distintas actividades del Módulo de Entrenamiento, tanto las de evaluación como las de entrenamiento propiamente tal. El detalle de estas actividades se define más adelante en la subsección Diseño estructural del módulo.

A cada ítem se asoció una determinada puntuación, que podía variar entre 1 a 5 puntos, dependiendo del tipo de actividad que se estuviera resolviendo. Según la respuesta entregada por los participantes, se otorgó un porcentaje diferencial del total de puntos, para penalizar errores de mayor o menor magnitud. Para ello, se utilizó una pauta de evaluación basada en una adaptación del sistema de puntuación del “Programa de Desempeño en Citología Ginecológica” del Colegio Americano de Patólogos (CAP)<sup>6</sup>. En dicha pauta, presentada en forma resumida en la Tabla 4, se asoció un puntaje diferencial a las respuestas, según el tipo de error en el que los participantes incurriesen.

**Tabla 4. Pauta de evaluación de ítems.**

Respuesta del participante	Respuesta correcta				
	NEG	BG	AG	E	D
<b>Negativo (NEG)</b>	<b>100%</b>	0%	-50%	-50%	-50%
<b>Lesión de bajo grado (BG)</b>	0%	<b>100%</b>	50%	30%	30%
<b>Lesión de alto grado (AG)</b>	0%	50%	<b>100%</b>	50%	50%
<b>Carcinoma Escamoso (E)</b>	0%	30%	50%	<b>100%</b>	50%
<b>Adenocarcinoma (D)</b>	0%	30%	50%	50%	<b>100%</b>

Adaptación de pauta de evaluación utilizada en “Programa de Desempeño en Citología Ginecológica” del Colegio Americano de Patólogos (49). El puntaje final obtenido en cada ítem se calcula contrastando la respuesta del participante con la respuesta correcta (diagnóstico real del caso), asociándose un porcentaje del puntaje total según la respuesta emitida.

De tal manera, un participante obtiene el 100% de la puntuación al contestar correctamente la pregunta; obtiene un 50% si confunde categorías diagnósticas similares (que corresponden a los diagnósticos diferenciales más difíciles de discriminar); obtiene un 30% al confundir categorías diagnósticas que en términos

<sup>6</sup> Gynecologic Cytology Proficiency Testing Program (49).

de gravedad y características morfológicas se encuentran más alejadas entre ellas. El sobrediagnóstico de casos negativos recibe un 0% de puntuación y los falsos negativos pertenecientes a una categoría de alto grado o invasora son penalizados con -50% de la puntuación.

Según la puntuación total obtenida por los participantes en cada actividad del Módulo de Entrenamiento, se definieron tres niveles de desempeño:

- Satisfactorio: de 100 a 90% del puntaje total de la actividad realizada.
- Medianamente satisfactorio: de 90 a 80% del puntaje total de la actividad realizada.
- Insatisfactorio: menos del 80% del puntaje total de la actividad realizada.

Estos niveles de desempeño se definieron según adaptaciones a los estándares internacionales definidos por el CAP<sup>5</sup>, y estándares nacionales definidos en el Programa de Evaluación Externa de la Calidad (PEEC) en Citodiagnóstico<sup>7</sup>.

- *Diseño y elaboración de la retroalimentación adaptativa*

La retroalimentación adaptativa se elaboró teniendo en consideración que su objetivo es proveer de información significativa a los participantes, de modo que les permita identificar aquellas características morfológicas discriminatorias entre las categorías diagnósticas consideradas. Debido a que el entrenamiento se organizó en base a la revisión e interpretación de casos, se diseñó e implementó una retroalimentación específica, es decir, adaptada a cada uno de los casos presentados en el módulo, que permitiera llegar al diagnóstico correcto mediante el énfasis tanto en las características claves como en aquellas que tienden a generar confusión con otras categorías diagnósticas.

Por tanto, la retroalimentación adaptativa se estructuró en torno a la entrega de distintos tipos de información:

- ✓ Revisión general del caso: Se presentan antecedentes (diagnóstico citológico e histológico final), la lámina digital anotada (con marcas y descripción *in situ*

---

<sup>7</sup> Programa organizado por el Instituto de Salud Pública (ISP), destinado a incentivar la mejora continua de la calidad de las prestaciones realizadas por Laboratorios de Citodiagnóstico (63).

de aquellas características morfológicas más representativas que permiten justificar el diagnóstico final) y la conclusión diagnóstica (análisis de los hallazgos encontrados y deducción del diagnóstico correcto).

- ✓ Descripción del caso: Se describen las características citológicas del caso en general (forma de descamación, características nucleares y aspecto del fondo), con el objetivo de otorgar una representación verbal de lo observado, haciendo énfasis en resaltar aquellas características relevantes e ignorando aquellas que no lo son.
- ✓ Diagnósticos diferenciales: Se comenta acerca de los diagnósticos diferenciales que con mayor probabilidad podrían dificultar la interpretación del caso, entregándose información respecto de cómo diferenciarlos.
- ✓ Notas del caso: Aporta información complementaria de algún concepto derivado de la discusión del caso. Esta información puede ayudar a fortalecer la comprensión de los procesos patológicos involucrados, la importancia clínica de discriminar ciertas categorías diagnósticas o simplemente repasar información teórica relevante.

Para la anotación de las láminas digitales y la discusión diagnóstica de los casos, se contó con la ayuda de una citotecnóloga *senior*, supervisora del COP-Uchile, profesional con más de 20 años de experiencia en el área y con experiencia en programas de formación y especialización en citodiagnóstico.

La retroalimentación fue entregada de forma automática, inmediatamente después que los participantes envían la respuesta de un caso. Por otro lado, de acuerdo a las metodologías de aprendizaje adaptativo, cada participante tenía la opción de seleccionar el tipo de información que deseaba recibir en la retroalimentación, dependiendo de sus conocimientos previos e identificación de sus propias debilidades durante el entrenamiento y corrección de cada caso.

#### 4) Construcción del módulo

##### - Selección de plataforma

El Módulo de Entrenamiento se creó en Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*), una plataforma de código abierto utilizada para la

generación de sistemas de gestión de aprendizaje personalizado. La selección de Moodle se hizo tomando en consideración que posee múltiples herramientas que permiten diseñar preguntas con puntuación, retroalimentación y calificación automatizada, además de permitir el seguimiento automático de cada participante. El acceso a documentación usuaria, tutoriales y foros de discusión, hacen que esta plataforma sea fácil de configurar y administrar por parte de usuarios con formación básica. Moodle incorpora además funcionalidades que permiten implementar metodologías de aprendizaje adaptativo, dirigiendo al aprendiz a distintas secciones y actividades, según criterios establecidos por el diseñador.

#### - *Diseño estructural*

El Módulo de Entrenamiento estuvo compuesto por un total de 52 láminas digitales (10 por cada una de las cuatro categorías positivas, más 12 casos negativos) y 208 imágenes estáticas (4 imágenes por cada lámina digital). En cuanto al diseño estructural, el módulo se compuso de 5 secciones principales: 1) Sección de habilitación usuaria, 2) Prueba de entrada, 3) Sección de entrenamiento con 4 subsecciones, 4) Prueba de salida y 5) Encuesta usuaria. El detalle de este diseño se presenta en la Figura 4.

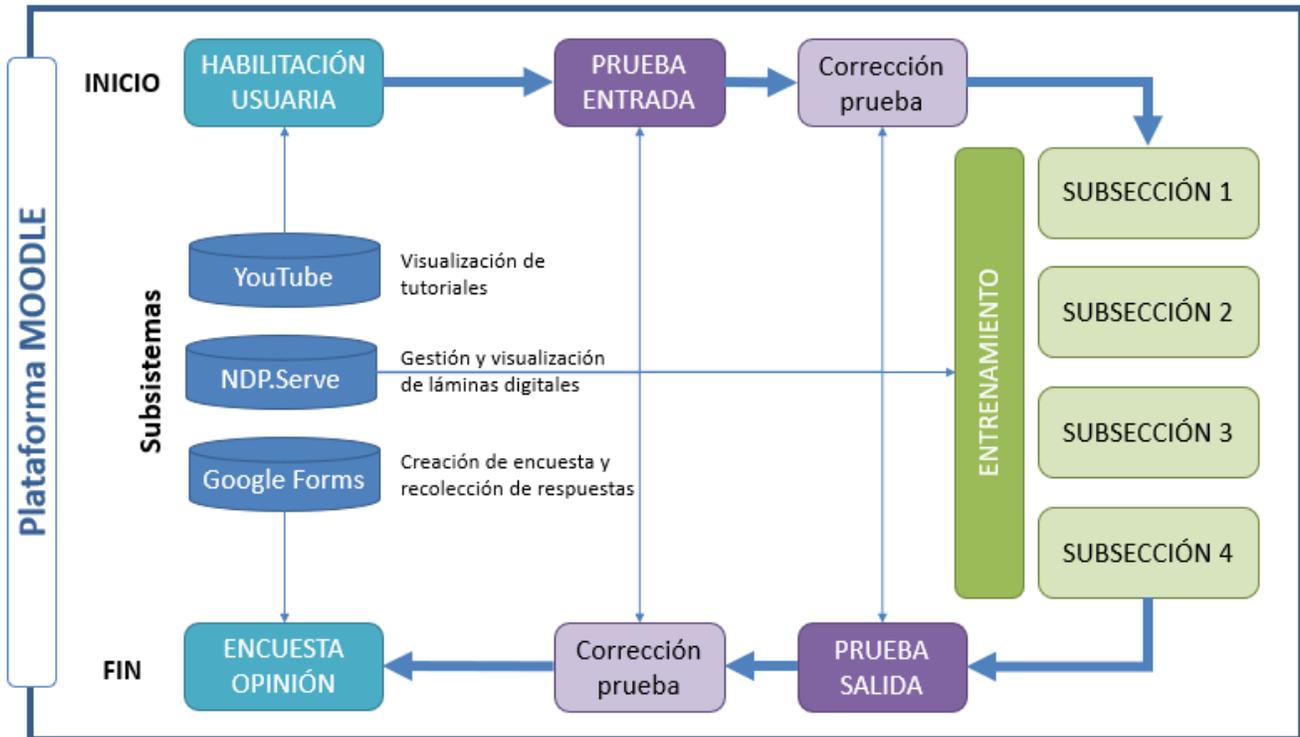
El Módulo de Entrenamiento se configuró de manera que los participantes lo realizaran recorriéndolo de manera secuencial, restringiendo su avance a través de las distintas secciones y actividades, hasta que no se hubieran marcado como finalizadas las primeras.

La primera sección consistió en la habilitación de los participantes, donde se les proporcionó información básica para que pudieran trabajar de forma autónoma con el Módulo de Entrenamiento. Esto se logró por medio de 2 tutoriales en formato de video, que tuvieron como objetivo familiarizar a los usuarios en el uso de la plataforma Moodle<sup>8</sup> y el uso del visualizador de láminas digitales<sup>9</sup>. Dichos tutoriales fueron puestos a disposición de los participantes a través de YouTube y compartidos

---

<sup>8</sup> Video tutorial "Presentación General del Módulo": <https://youtu.be/lt1QgSJ7lho>

<sup>9</sup> Video tutorial "Visualizador de Láminas Digitales": <https://youtu.be/B2KILVlisSQ>



**Figura 4. Diseño estructural del Módulo de Entrenamiento.** En este esquema se pueden visualizar las distintas secciones del módulo, la secuencia en que los participantes realizaron cada actividad y los distintos subsistemas utilizados para complementar las funcionalidades de la plataforma Moodle.

como enlaces dentro de Moodle. Adicionalmente, en esta sección de habilitación se incorporó un simulador con el propósito que los participantes practicaran con el visualizador en forma previa a trabajar en las actividades del módulo. Aquí los participantes debían acceder a una lámina digital y practicar las funcionalidades y herramientas proporcionadas por el visualizador. En la primera sección también se incluyeron recomendaciones para el buen uso de la plataforma, así como un glosario de términos especializados en citopatología.

La evaluación del desempeño de los participantes antes y después de trabajar con el Módulo de Entrenamiento, se realizó por medio de las pruebas de entrada y salida (ver Figura 4). Cada prueba estuvo constituida por 6 láminas digitales y 12 imágenes estáticas. La validación de ambas pruebas se realizó por juicio experto, contando para ello con la participación de la citotecnóloga supervisora del COP-Uchile.

Con respecto al entrenamiento, cada subsección se compuso de tres actividades:

- “Recordando diferencias diagnósticas”: una actividad en la que se presenta una tabla comparativa con las características de las categorías diagnósticas abordadas en la sección.
- “Test rápido”: cuestionario con un límite de tiempo de 20 minutos, basado en ítems con imágenes estáticas (20 preguntas de selección múltiple).
- “Screening de láminas”: cuestionario sin límite de tiempo, en base a ítems con láminas digitales (10 preguntas de selección múltiple).

Por otro lado, cada subsección se diseñó con el propósito de satisfacer distintos objetivos:

- Subsección 1: Su objetivo es fortalecer la discriminación entre lesiones escamosas de bajo y alto grado (lesiones precursoras del CCu), por lo que su construcción consideró una mayor cantidad de casos de estas categorías.
- Subsección 2: Su objetivo es fortalecer la discriminación de lesiones invasoras de tipo escamosas y glandulares, por lo que en ella se consideró una mayor cantidad de casos de carcinomas escamosos y adenocarcinomas.
- Subsección 3 y 4: Ambas tienen como objetivo el reforzar la discriminación entre las cuatro categorías anteriores, por lo que se construyeron en base a una cantidad equitativa de casos de cada categoría. La diferencia entre estas dos secciones radicó en que en la Subsección 4 la cantidad de retroalimentación entregada fue mucho menor, ya que en este nivel de entrenamiento se espera que los participantes manejen los contenidos y características morfológicas distintivas y solo requirieran de mayor cantidad de escenarios de clasificación para poner en práctica dichos conocimientos.

### Aplicación del Módulo de Entrenamiento

#### 1) Definición de la población objetivo

Tomando en consideración que el objetivo del módulo es entrenar habilidades específicas que se desarrollan con la práctica, en este estudio se consideró como participantes a profesionales y estudiantes que contaran como mínimo con formación básica en citodiagnóstico ginecológico. De tal manera, los participantes

fueron separados en dos grupos según si tienen o no experiencia laboral en citodiagnóstico ginecológico, es decir, si una vez que realizaron cursos de formación básica han seguido desarrollándose y trabajando en el área o no. Esto persigue el objetivo de evaluar el impacto del módulo en ambos grupos, y así, determinar su utilidad como herramienta de apoyo tanto en la formación de pregrado, como en la capacitación profesional. De esta manera, la población objetivo consideró:

Grupo 1: Participantes sin experiencia laboral, los cuales incluyeron:

- Estudiantes de Tecnología Médica de la mención de Morfofisiopatología y Citodiagnóstico en último año.
- Médicos patólogos en formación en citodiagnóstico.
- Tecnólogos médicos de la mención de Morfofisiopatología y Citodiagnóstico sin experiencia laboral en el área.

Grupo 2: Participantes con experiencia laboral, los cuales incluyeron:

- Tecnólogos Médicos de Morfofisiopatología y Citodiagnóstico con experiencia laboral en el área.
- Médicos patólogos, con experiencia laboral en el área.

La convocatoria de los participantes se realizó a través de la Sociedad Chilena de Citología (Sochicit), difundiendo un afiche y un formulario de inscripción a través de sus redes sociales y correo institucional (afiche adjunto en el Anexo 3).

## 2) Módulo piloto

En forma previa a la aplicación del Módulo de Entrenamiento definitivo, se llevó a cabo la ejecución de un módulo piloto, el que fue construido con una cantidad reducida de casos (25 láminas digitales, 5 láminas por cada categoría diagnóstica, y 100 imágenes estáticas). Este piloto fue aplicado a 3 tecnólogos médicos con variada experiencia en citodiagnóstico: a) una citotecnóloga senior con más de 20 años de experiencia, b) una citotecnóloga con 3 años de experiencia y c) un citotecnólogo con menos de 1 año de experiencia.

Esta instancia permitió evaluar el funcionamiento de una primera versión del diseño del módulo, así como también obtener una apreciación preliminar de los participantes. La información recabada en esta instancia fue utilizada para realizar cambios y/o mejoras en aquellos aspectos que se consideró necesario. Durante

este proceso se pudo además evaluar la interacción de los distintos subsistemas involucrados y recolectar información respecto de las fortalezas y debilidades de la metodología empleada. Tomando en consideración dicha información se definió el diseño estructural del Módulo de Entrenamiento final.

### 3) Ejecución del Módulo de Entrenamiento final

La ejecución del módulo se planificó según lo detallado en la Figura 5, considerando un plazo máximo de 3 semanas de ejecución, desde el 25 de enero al 14 de febrero de 2021.

Aplicación	ENERO 2021							FEBRERO 2021													
	PRIMERA SEMANA							SEGUNDA SEMANA							TERCERA SEMANA						
	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Primera Instancia</b>	Inicio	Entrenamiento autogestionado					Fin														
<b>Segunda Instancia</b>								Inicio	Entrenamiento autogestionado					Fin							
<b>Rezagados</b>															Finalización de actividades pendientes				Cierre del Módulo		

**Figura 5. Cronograma de aplicación del Módulo de Entrenamiento.** Su aplicación comprendió 3 semanas; desde el 25 de enero hasta el 14 de febrero 2021. Durante la primera semana se aplicó el módulo a la primera mitad de los participantes (primera instancia), durante la segunda semana a la segunda mitad (segunda instancia) y durante la tercera semana a participantes rezagados de ambos grupos.

Se estimó que el desarrollo completo del módulo no requeriría más de una semana. Por lo tanto, y con el propósito de no sobrecargar las plataformas utilizadas, se decidió dividir a los participantes y aplicar el módulo en dos instancias: 1) durante la primera semana al 50% de los participantes y 2) durante la segunda semana al 50% de los participantes restantes. En cada una de estas instancias, se incluyó a participantes de ambos grupos de experiencia, definidos en la sección “Definición de la población objetivo”.

Con el objetivo de asegurar la finalización del módulo por un amplio número de participantes, se reservó la tercera semana de ejecución del módulo para posibles participantes rezagados.

## Evaluación del Módulo de Entrenamiento

Para evaluar la utilidad e impacto del Módulo de Entrenamiento, fue necesario: 1) definir el tipo de análisis estadístico a realizar a los indicadores de aprendizaje, para comparar el desempeño de los participantes en las pruebas de entrada y salida, y 2) crear una encuesta para recolectar información respecto de la experiencia y opinión de los participantes una vez finalizado el módulo.

### 1) Definición del análisis estadístico

Para determinar si el desempeño de los participantes, en término de los objetivos de aprendizaje planteados, mejoró luego de trabajar con el Módulo de Entrenamiento, se evaluó si el valor porcentual obtenido para cada indicador de aprendizaje en las pruebas de entrada y salida se asocia a una diferencia estadísticamente significativa o no. Para ello, se aplicó la prueba estadística de chi-cuadrado a cada indicador, contrastando el valor obtenido en ambas pruebas. Se fijó un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Este análisis se llevó a cabo utilizando el programa estadístico R.

### 2) Creación de una encuesta usuaria

La apreciación de los participantes luego de haber terminado el módulo se llevó a cabo mediante la creación de una encuesta usuaria. En esta encuesta se evaluaron: aspectos generales del módulo (utilidad, tiempo de dedicación, etc.), utilidad tanto de los tutoriales como de las indicaciones recibidas, utilidad y calidad de la retroalimentación presentada, calidad del material citológico (láminas digitales e imágenes estáticas) y funcionamiento de las plataformas involucradas (Moodle y el visualizador de láminas digitales).

Esta encuesta incluyó un total de 20 preguntas. De ella, 17 fueron de selección múltiple y 3 fueron preguntas abiertas, donde los participantes podían expresar sus comentarios. El detalle y estructura de la encuesta, se encuentra adjunto en el Anexo 4 del presente documento.

## Consideraciones éticas

Este proyecto fue revisado por el Comité de Ética de Investigación en seres Humanos (CEISH) de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, contando con su aprobación para la dispensa del documento de consentimiento informado (Anexo 5), debido a las siguientes razones:

1. La investigación que se propone en la tesis corresponde a un estudio basado en imágenes digitales de exámenes citológicos que fueron realizados en el Centro de Oncología Preventiva de la Universidad de Chile (COP).
2. Se garantiza la confidencialidad de la información relacionada con los pacientes de los cuales proceden las muestras, puesto que la revisión de la base de datos y archivo será realizada por un funcionario del COP y al ser extraídos los datos será anonimizados.
3. El trabajo de tesis es conocido por la Directora del Centro de Oncología Preventiva, Dra. Carla Molina, quien ha otorgado su autorización (ver documento adjunto) para su utilización en este estudio.
4. El proceso de digitalización no perjudica la conservación e integridad física de las muestras requeridas, las cuales luego de su utilización serán devueltas al Centro de Oncología Preventiva para su almacenamiento y custodia.

## **Resultados**

### Protocolo de Digitalización de láminas de PAP

Como se mencionó en la Sección Material y Métodos, la digitalización de láminas de PAP se realizó siguiendo un protocolo de escaneo distinto al empleado comúnmente para láminas histológicas provenientes de biopsias. A continuación, se describen las características de las láminas PAP, las dificultades que ellas imponen al proceso de escaneo convencional de una biopsia y las modificaciones que se introdujeron en el protocolo de escaneo con el propósito de sortear tales dificultades y obtener láminas digitales de calidad óptima para este estudio. Este nuevo protocolo de escaneo diseñado para láminas PAP constituye por lo tanto un

resultado extra de este trabajo de tesis.

Los PAP utilizados provienen de muestras citológicas convencionales, las que presentan 3 características que dificultan su escaneo con protocolos convencionales:

- 1) Muestras de gran superficie. En placas de citología convencional, las células se extienden ocupando toda la superficie del portaobjeto, a diferencia de los cortes histológicos, donde el tejido se concentra típicamente en una región restringida.
- 2) Distribución poco uniforme. En placas de citología las células no se distribuyen de manera uniforme como en un corte histológico, donde el grosor es definido y parejo, sino que se disponen irregularmente y en distintos niveles del eje z.
- 3) Presencia de grupos celulares voluminosos: En citología suelen desprenderse grupos o acúmulos de células más voluminosos, que aumentan la irregularidad de la muestra. La observación tridimensional de estos grupos celulares es fundamental para la evaluación y diagnóstico de algunas categorías patológicas.

Estas características de las muestras utilizadas en esta tesis imponen las siguientes dificultades:

- 1) Obtención de imágenes de grandes dimensiones: Esto, además de tener implicancias en el peso final de las imágenes y por ende en su visualización y almacenamiento, también implica un mayor tiempo de dedicación a su revisión y análisis por parte del profesional.
- 2) Obtención de imágenes desenfocadas: Si bien el escáner utilizado cuenta con configuraciones automáticas de puntos focales, debido a la irregularidad de las muestras de PAP dicha configuración no resultó efectiva, obteniéndose inicialmente imágenes con amplias zonas desenfocadas.
- 3) Obtención de imágenes de mayor peso: En un microscopio convencional, la evaluación de grupos celulares tridimensionales se logra ajustando el micrométrico para observar las células ubicadas en distintos planos del eje z. Para lograr esto en una lámina digital, es necesario escanear la lámina

utilizando varias capas de profundidad, lo que incide directamente en el peso final de la imagen, ya que cada plano corresponde a una imagen completa adicional.

Como referencia, una lámina de citología convencional escaneada en toda su superficie y con la máxima calidad que ofrece el equipo, se compone de 14 planos en el eje z y tiene un peso que puede llegar hasta los 45Gb. Esto hace que sean imágenes extremadamente lentas de cargar en un visualizador *online*, con un alto costo de almacenamiento en servidores y tediosamente lentas de visualizar por parte de los usuarios.

Para superar estas dificultades, optimizar el peso de las imágenes en Gb y obtener imágenes de la calidad requerida para el adecuado análisis y diagnóstico, se realizó un número de escaneos previos que permitieron definir el siguiente protocolo de escaneo para imágenes de PAP:

- 1) Reducción del área de escaneo: Se escaneó el 70% del área de la lámina que concentraba la mayor cantidad de lesiones representativas. Para esto se consideró la zona de la lámina que concentraba la mayor cantidad de puntos realizados manualmente por las citopatólogas que participaron en la selección de las muestras. Esta medida permitió reducir aproximadamente en un 40% el tamaño de la imagen final y también aportó a disminuir su peso en Gb.
- 2) Configuración manual de los puntos de enfoque: Se permitió que el escáner distribuyera automáticamente puntos de enfoque preliminares, corrigiendo subsecuentemente el posicionamiento de algunos puntos<sup>10</sup> o agregando puntos adicionales. Luego se revisó el enfoque realizado por el equipo en cada punto definido y se configuró manualmente el enfoque donde fuese necesario, lo cual permitió mejorar sustancialmente la calidad de la imagen. Por otro lado, al ajustar manualmente los puntos de enfoque, se asegura que la imagen del primer plano (plano en 0µm) esté completamente enfocada y que, al agregar capas superiores o inferiores, éstas también queden por

---

<sup>10</sup> El algoritmo que utiliza el equipo para posicionar los puntos de enfoque se basa en densidad de píxeles, por lo que muchas veces se enfocaban elementos celulares o no celulares poco relevantes, como infiltrado inflamatorio, hemorragia o moco cervical, siendo por lo tanto necesario reposicionarlos.

consecuencia bien enfocadas, lo que permite optimizar el número de capas extra necesarias y mejorar su calidad.

- 3) Optimización del número de capas: Se determinó empíricamente el número de capas mínimas necesarias para visualizar correctamente grupos tridimensionales y células ubicadas en distintos planos focales. Para esto se probó con distintas configuraciones, evaluando minuciosamente la calidad de la lámina digital obtenida. Fue necesario realizar este procedimiento para cada una de las categorías diagnósticas, debido a que algunas de ellas presentan un mayor número de grupos tridimensionales que otras.

Con la implementación de las medidas descritas se logró obtener imágenes con un peso promedio de 12Gb, con 5 ó 3 capas, dependiendo de la categoría diagnóstica. A modo de ejemplo, en muestras de la categoría “Adenocarcinoma”, que presentan abundantes grupos tridimensionales se utilizaron 5 capas, en tanto que para muestras de la categoría “Negativa”, que no tienen tanta tridimensionalidad, se utilizaron solo 3 capas.

### Ejecución del Módulo de Entrenamiento

#### 1) Participantes finales

La convocatoria a través de las redes sociales y correo de la Sochicit resultó bastante amplia, con un total de 141 profesionales y estudiantes manifestando su interés por tomar parte en la experiencia.

De dicho total, hubo 45 personas (32%) que nunca se conectaron y 50 (35%) que abandonaron el Módulo de Entrenamiento durante distintos momentos de su aplicación. Las razones de este abandono se explican más adelante.

Un total de 46 personas (36%) finalizaron por completo el Módulo de Entrenamiento. De ellas, se eliminó a una persona que contestó de forma incompleta la prueba de salida, por lo que fue necesario excluirla del estudio.

Por lo tanto, la evaluación del impacto del Módulo de Entrenamiento se realizó considerando a 45 participantes finales: 37 mujeres (82%) y 8 hombres (18%). De estos participantes, 37 (82%) fueron de nacionalidad chilena. Cabe señalar que

también se contó con la participación de 8 profesionales extranjeros: 4 de Venezuela, 1 de Bolivia, 1 de Ecuador, 1 de México y 1 de España.

La distribución en edades refleja que la mayoría de los participantes estuvieron en el rango etario de entre 20 y 30 años, representando el 64% del total. Las personas entre 30 y 40 años representaron el 29% de los participantes finales, siendo el 7% restante participantes entre los 40 y 50 años. El rango etario se relaciona directamente con la experiencia de los participantes, correspondiendo el 67% a personas sin experiencia laboral en citodiagnóstico ginecológico y el 33% restante, a profesionales con experiencia. En la Tabla 5 se muestra en forma detallada el tipo de experiencia de cada grupo.

**Tabla 5. Constitución de los grupos que completaron el Módulo de Entrenamiento.**

Tipo de experiencia	Cantidad
<b>Grupo sin experiencia laboral (con formación básica)</b>	<b>30 (67%)</b>
Médico patólogo en formación	1
Estudiante de tecnología médica (último año)	21
Tecnólogo médico sin experiencia	8
<b>Grupo con experiencia laboral</b>	<b>15 (33%)</b>
Médico patólogo con experiencia laboral	3
Tecnólogo médico con experiencia laboral	12

Tipo de experiencia de los 45 participantes que completaron el Módulo de Entrenamiento, y su separación en 2 grupos.

## 2) Razones de abandono

Como se mencionó anteriormente, durante la ejecución del entrenamiento, hubo algunos participantes que tuvieron que abandonar y dejar de participar. Con el propósito de determinar las razones de dicho abandono, se desarrolló una encuesta de seguimiento, que fue enviada a los participantes vía correo electrónico. En ella se preguntó a los usuarios sobre los motivos que los obligaron retirarse o a no completar el módulo. Se les dio además la opción de aportar con un comentario general respecto de su experiencia.

De las 50 personas que abandonaron, un total de 36 contestaron la encuesta de seguimiento. La mitad de ellas correspondió a profesionales con experiencia laboral en citodiagnóstico ginecológico y la otra mitad no tenía experiencia, solo conocimientos básicos. De estas personas, 23 fueron de nacionalidad chilena (64%) y 13 extranjeros (36%): 5 de México, 3 de España, 3 de Perú, 1 de Ecuador y 1 de Costa Rica.

En la Tabla 6, se presentan las principales razones de abandono. Se puede apreciar que el 61% de las personas reportó que el motivo de su retiro fue por dificultades con el visualizador de láminas digitales. El 19% reportó haber tenido dificultades personales, siendo estas principalmente problemas de tiempo. Un 17% manifestó haber tenido dificultades técnicas con su conexión a internet. Solo una persona manifestó haberse retirado por no entender el sistema de entrenamiento utilizado en el módulo.

**Tabla 6. Razones de abandono del entrenamiento.**

Razones de abandono	Cantidad participantes
Por dificultades con el visualizador	22 (61%~)
Por dificultades personales	7 (19%~)
Por dificultades técnicas	6 (17%~)
Por no entender el sistema	1 (3%~)
<b>Total encuestados:</b>	<b>36</b>

De los 50 participantes que no completaron o abandonaron el Módulo de Entrenamiento, un total de 36 completó la encuesta de seguimiento, especificando sus razones.

De los 36 encuestados, 21 personas dejaron comentarios abiertos respecto de la experiencia obtenida con su participación parcial en el entrenamiento. Dentro de estos comentarios, hubo personas que especificaron que la mayor dificultad que experimentaron con el visualizador fue la excesiva demora en la carga de las láminas digitales, lo que retrasó mucho su visualización, llegando en algunos casos a imposibilitar su entrenamiento. Cabe mencionar aquí, que a pesar de las dificultades que experimentaron estos participantes, muchos destacaron la novedad

y utilidad de trabajar con la herramienta, resaltando que la metodología empleada les resultó interesante y de fácil comprensión, mencionando específicamente la buena selección y calidad del material citológico, así como la adecuada estructura del módulo. Algunos de estos comentarios se pueden revisar en el Anexo 6.

### Utilidad y efecto del Módulo de Entrenamiento

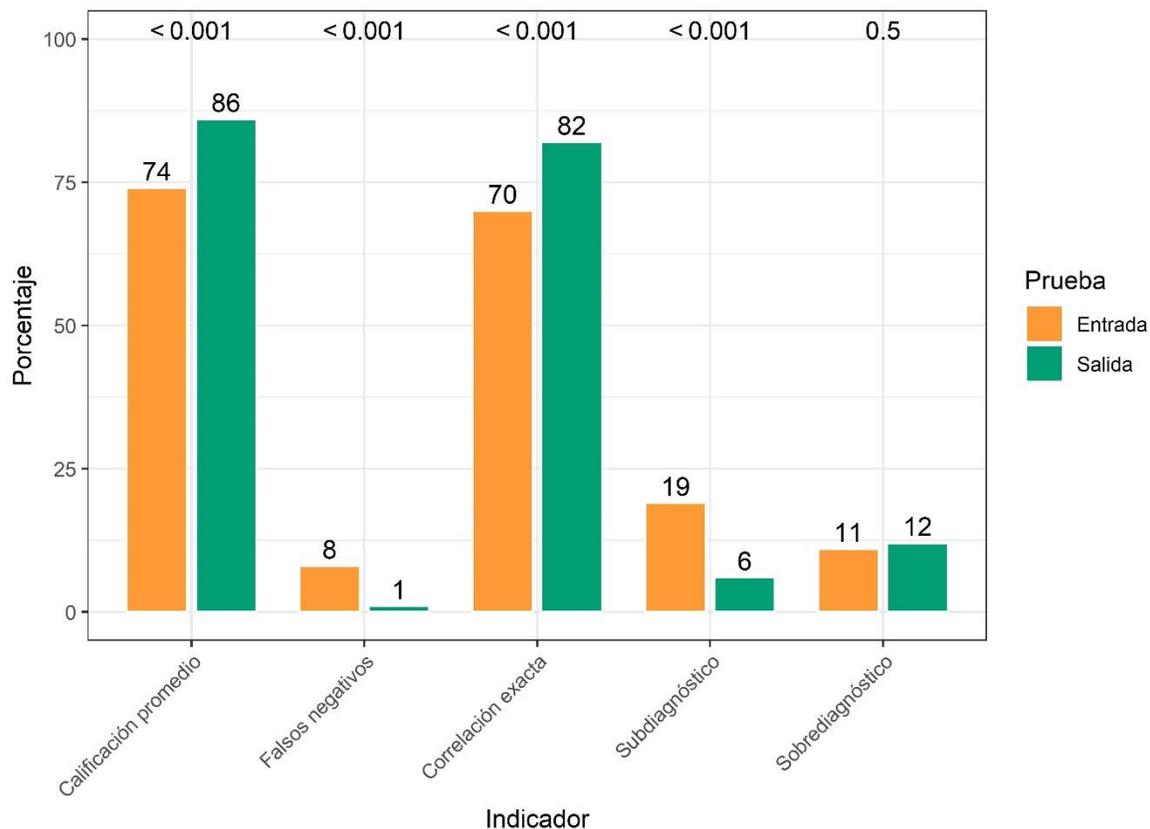
Como se señaló anteriormente en la sección Material y Método, la evaluación de la utilidad y el efecto que tuvo en los participantes el trabajo con el Módulo de Entrenamiento, se basó en la evaluación de los indicadores de aprendizaje en las pruebas de entrada y salida, y también en el análisis de la experiencia y comentarios recolectados en la encuesta usuaria, aplicada al finalizar el módulo.

#### 1) Evaluación de indicadores de aprendizaje

En esta sección, se describe el análisis de los cuatro indicadores de aprendizaje descritos inicialmente, agregando la calificación promedio obtenida por los participantes en las pruebas de entrada y salida, como medida general de su desempeño. Dichos indicadores se calcularon y analizaron según: 1) el total de participantes, 2) los participantes pertenecientes al grupo sin experiencia laboral, y 3) los participantes del grupo con experiencia.

#### *- Desempeño global del total de participantes*

El desempeño global se evaluó según el total de respuestas (Figura 6 y según las respuestas en cada una de las cinco categorías diagnósticas entrenadas (Figura 7). En general, los 45 participantes del Módulo de Entrenamiento mejoraron significativamente en cuatro de los cinco indicadores evaluados. Al realizar el análisis por categoría diagnóstica, se observó que estas mejoras se produjeron principalmente en las categorías preinvasoras, tanto de bajo como de alto grado, no encontrándose diferencias significativas en las categorías invasoras escamosas y glandulares en ningún indicador. A continuación se presenta el análisis detallado de estos hallazgos:

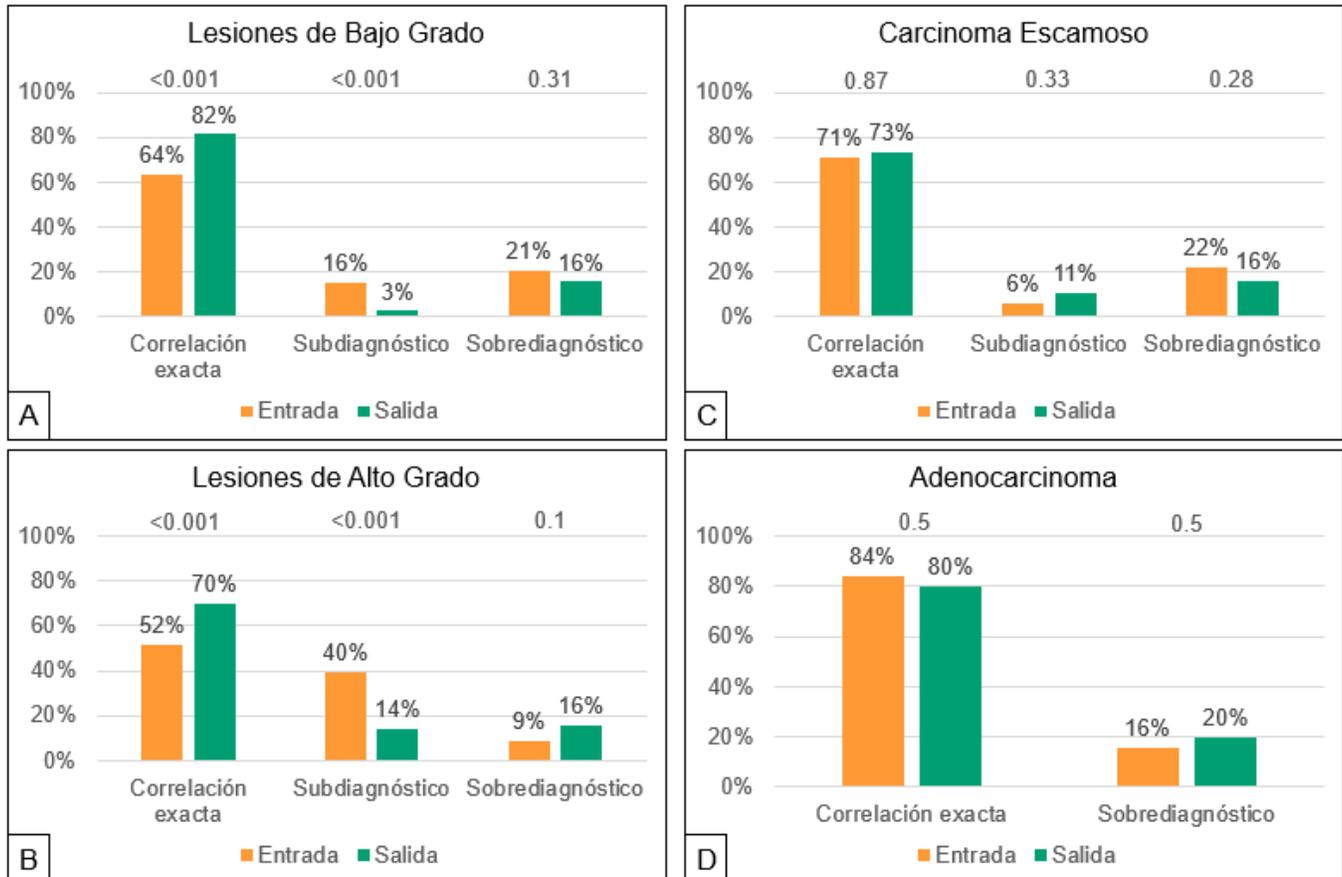


**Figura 6. Desempeño general de los participantes según indicadores de aprendizaje.** Se presenta el porcentaje de desempeño obtenido por el total de participantes para los distintos indicadores de aprendizaje evaluados, tanto en la prueba de entrada como en la de salida. El nivel de significancia estadística se presenta en la parte superior de cada gráfico. Se consideraron significativos los valores  $p < 0.05$ .

**Calificación promedio:** La calificación promedio del total de participantes mejoró significativamente ( $p < 0.001$ ), desde un 74% a un 86% (ver Figura 6). Si bien no se alcanzó el 90% exigido por estándares nacionales e internacionales como el nivel mínimo satisfactorio (1,2), el desempeño de los participantes mejoró desde insatisfactorio ( $< 80\%$ ) a medianamente satisfactorio (entre 80 y 90%), acercándose al 90%. Además, considerando a los 24 participantes (52% del total) que obtuvieron una calificación inicial insatisfactoria de 62,1% promedio, luego del entrenamiento con el módulo se observó que 9 personas obtuvieron una calificación satisfactoria de 96,9% promedio y 8 personas una calificación medianamente satisfactoria de 85,4% promedio.

**Falsos negativos:** El porcentaje de falsos negativos calculado para el total de participantes disminuyó significativamente ( $p < 0,001$ ) luego de entrenar con el

módulo, descendiendo desde un 8% a un 1% (ver Figura 6), alcanzando a ser ligeramente menor al compararlo con el 4,6% obtenido por el total de laboratorios de la red nacional en 2018 (23).



**Figura 7. Desempeño general de los participantes por categoría según indicadores de aprendizaje.** En la figura se grafica el porcentaje de desempeño obtenido por el total de participantes, en los distintos indicadores de aprendizaje evaluados por categoría diagnóstica seleccionada, tanto en la prueba de entrada como en la de salida. El nivel de significancia estadística se presenta en la parte superior de cada gráfico. Se consideraron significativos los valores  $p < 0.05$ .

**Correlación exacta:** La correlación exacta (es decir, el porcentaje de clasificaciones correctas para la totalidad de los casos) del total de participantes mejoró significativamente ( $p < 0.001$ ), aumentando desde un 70% a un 82% luego del entrenamiento (ver Figura 6). Al evaluar este indicador entre las categorías diagnósticas consideradas, se observó un aumento significativo ( $p < 0.001$ ) en la correlación exacta de lesiones preinvasoras (ver Figura 7, A y B), aumentando de 64% a 82% en lesiones de bajo grado y de 52% a 70% en lesiones de alto grado. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en la correlación exacta de

lesiones invasoras, ya sea en carcinomas escamosos o adenocarcinomas (ver Figura 7, C y D).

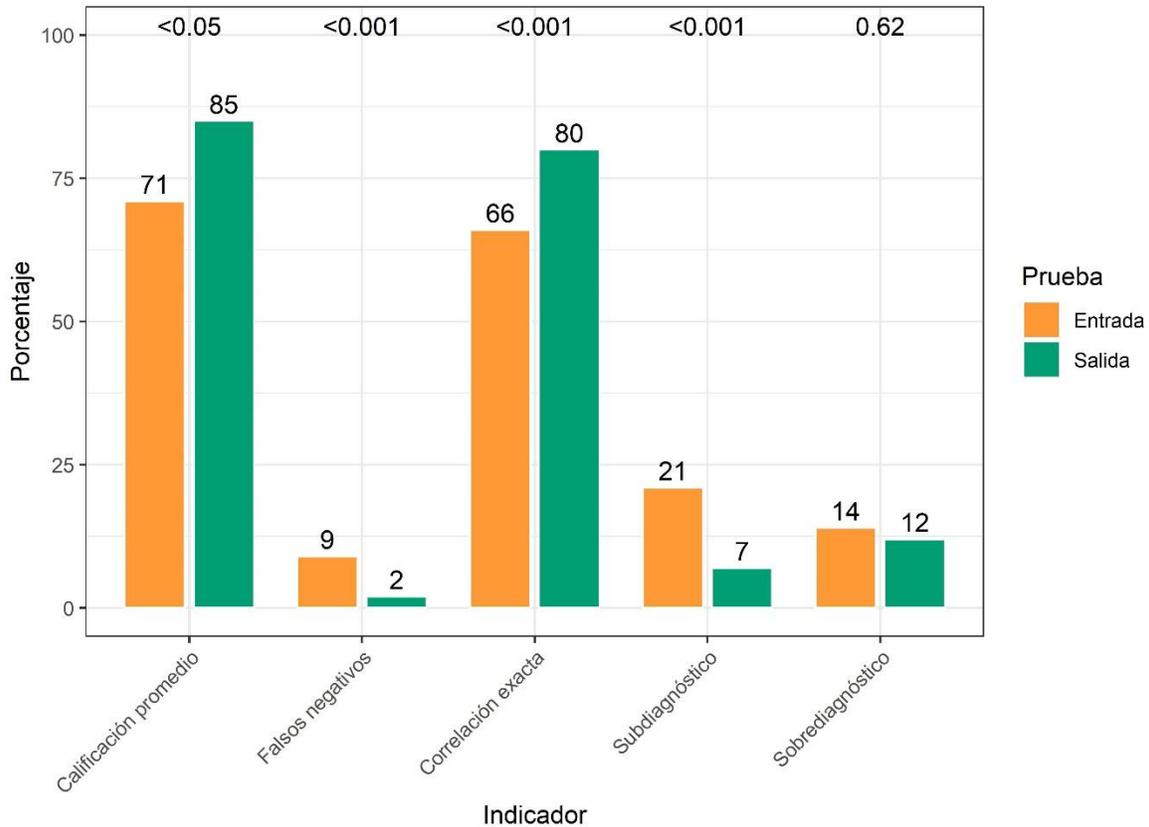
Subdiagnóstico: El subdiagnóstico global disminuyó significativamente ( $p < 0.001$ ), de 19% a 6% (ver Figura 6) al considerar el total de los participantes. Al evaluar este indicador entre las categorías diagnósticas, se observó una disminución significativa ( $p < 0.001$ ) en el subdiagnóstico de lesiones preinvasoras (ver Figura 7, A y B), disminuyendo de 16% a 3% en lesiones de bajo grado y de 40% a 14% en lesiones de alto grado. En este caso, tampoco se observaron diferencias significativas en el subdiagnóstico de lesiones invasoras (ver Figura 7, C y D).

Sobrediagnóstico: Este indicador no experimentó diferencias significativas entre las pruebas de entrada y salida, considerando tanto el análisis global de casos, como el de cada categoría diagnóstica por separado (ver Figuras 6 y 7).

#### *- Desempeño del grupo sin experiencia*

El desempeño global del grupo sin experiencia se resume en la Figura 8, mientras que en la Figura 9 se resume el desempeño particular de estos participantes en cada una de las cinco categorías diagnósticas entrenadas. En general, los resultados de este grupo se asemejan a los resultados observados para el total de participantes descrito anteriormente; observándose una mejora significativa en los mismos cuatro indicadores y categorías diagnósticas, con diferencias estadísticamente significativas en categorías preinvasoras de bajo y alto grado, y sin diferencias significativas en las categorías invasoras. El detalle de estos hallazgos se profundiza a continuación:

Calificación promedio: La calificación promedio obtenida por los participantes sin experiencia mejoró significativamente ( $p < 0.05$ ), desde un 71% a un 85%, luego de trabajar con el Módulo de Entrenamiento (ver Figura 8). Si bien en este grupo tampoco se alcanzó el 90% mínimo satisfactorio según estándares nacionales e internacionales, el desempeño de estos participantes mejoró globalmente desde insatisfactorio a medianamente satisfactorio. Además, es importante mencionar que



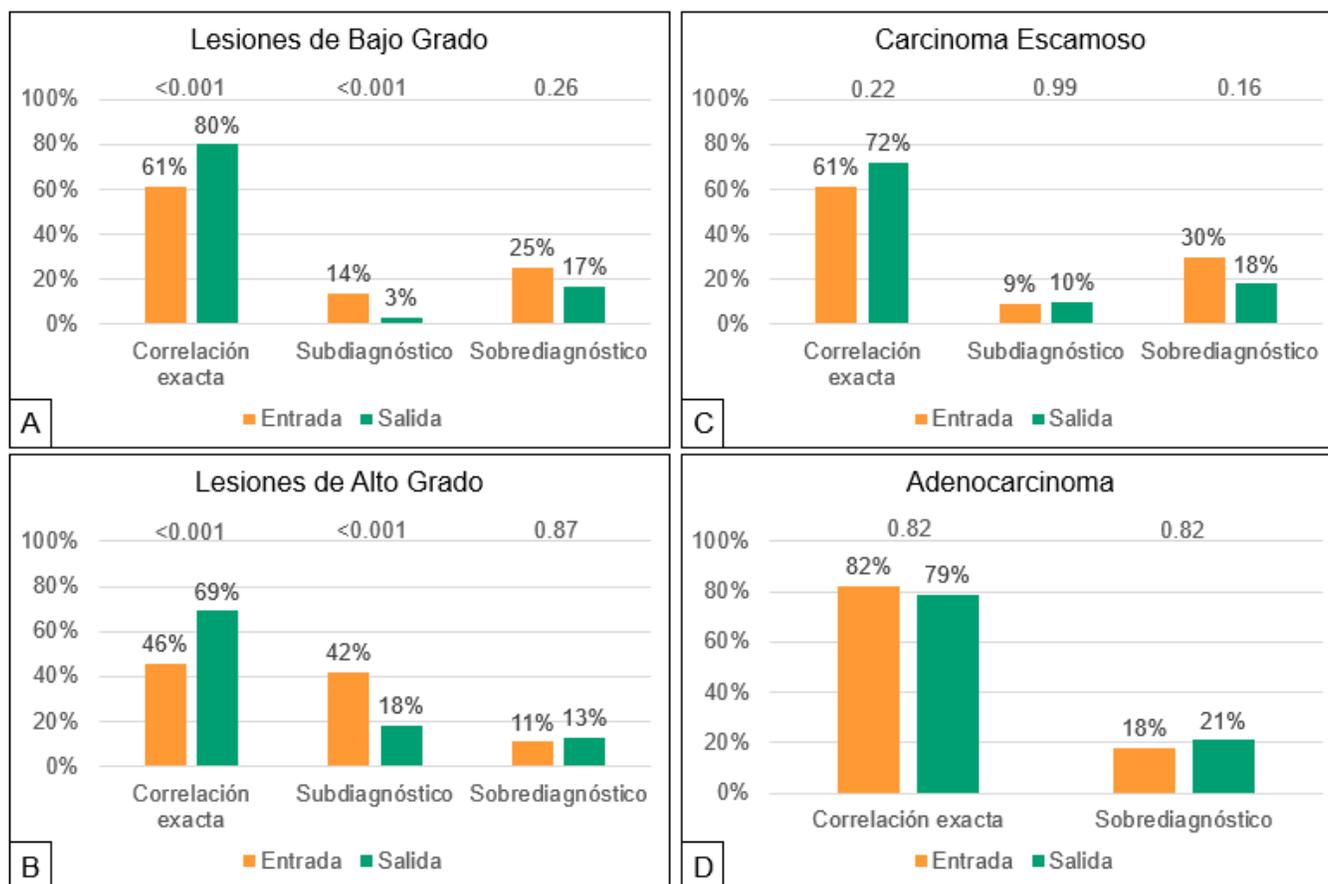
**Figura 8. Desempeño de participantes sin experiencia según indicadores de aprendizaje.** Se presenta el porcentaje de desempeño obtenido por los participantes sin experiencia en los distintos indicadores de aprendizaje evaluados, tanto en la prueba de entrada como en la de salida. El nivel de significancia estadística se presenta en la parte superior de cada gráfico. Se consideraron significativos los valores  $p < 0.05$ .

un tercio (6/18) de los participantes sin experiencia que mostraron un desempeño insatisfactorio con puntajes  $< 80\%$  en la prueba de entrada, alcanzó un desempeño satisfactorio  $> 90\%$  en la prueba de salida, destacando particularmente cuatro participantes que alcanzaron calificaciones sobre el  $95\%$  en esta prueba.

Falsos negativos: Al igual que en el total de participantes, en el grupo sin experiencia también se observó una disminución significativa ( $p < 0.001$ ) del porcentaje de falsos negativos, variando desde un  $9\%$  en la prueba de entrada a solo un  $2\%$  en la de salida (ver Figura 8).

Correlación exacta: La correlación exacta del grupo sin experiencia mejoró significativamente ( $p < 0.001$ ) aumentando desde un  $66\%$  a un  $80\%$  luego del entrenamiento (ver Figura 8). Al evaluar este indicador entre las categorías diagnósticas consideradas, se observó un aumento significativo ( $p < 0.001$ ) en la

correlación exacta de lesiones preinvasoras (ver Figura 9, A y B), aumentando de 61% a 80% en lesiones de bajo grado y de 46% a 69% en lesiones de alto grado. No se observaron diferencias significativas en la correlación exacta de lesiones invasoras, ya sea en carcinomas escamosos o adenocarcinomas (ver Figura 9, C y D).



**Figura 9. Desempeño de participantes sin experiencia por categoría según indicadores de aprendizaje.** En la figura se grafica el porcentaje de desempeño obtenido por los participantes sin experiencia, en los distintos indicadores de aprendizaje evaluados por categoría diagnóstica seleccionada, tanto en la prueba de entrada como en la de salida. El nivel de significancia estadística se presenta en la parte superior de cada gráfico. Se consideraron significativos los valores  $p < 0.05$ .

Subdiagnósticos: Al igual que lo observado para el total de participantes, el subdiagnóstico del grupo sin experiencia disminuyó significativamente ( $p < 0.001$ ) luego del entrenamiento (ver Figura 6), observándose una reducción de 21% a 7%. El análisis de subdiagnósticos por categoría, evidencia una disminución significativa ( $p < 0.001$ ) en el subdiagnóstico de lesiones preinvasoras, disminuyendo de 14% a 3% en lesiones de bajo grado y de 42% a 18% en lesiones de alto grado (ver Figura

9, A y B). No se observaron diferencias significativas en el subdiagnóstico de lesiones invasoras (ver Figura 9, C y D).

Sobrediagnóstico: El sobrediagnóstico en este grupo tampoco presentó variaciones significativas al comparar los resultados de ambas pruebas, ni se observaron diferencias de este indicador en ninguna de las categorías diagnósticas, al hacer análisis específicos (ver Figuras 8 y 9).

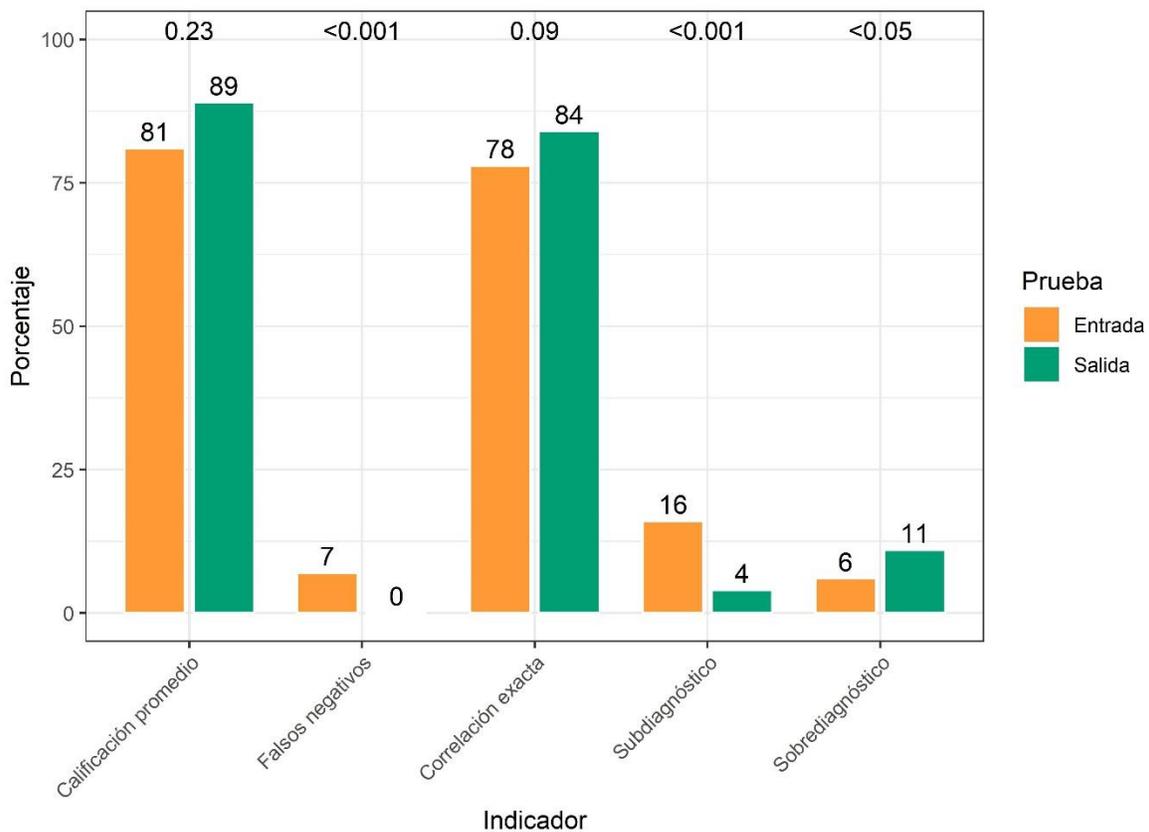
- *Desempeño del grupo con experiencia*

El desempeño global del grupo con experiencia se resume en la Figura 10 y en la Figura 11 se muestra el desempeño particular de los participantes en cada una de las categorías diagnósticas entrenadas. El grupo con experiencia mejoró significativamente en el porcentaje de falsos negativos y en el subdiagnóstico de lesiones preinvasoras tanto de alto como de bajo grado, sin presentar mejoras significativas en ninguno de los otros indicadores y categorías diagnósticas evaluadas. Por otro lado, a diferencia de lo observado en el total de participantes y en el grupo sin experiencia, en este grupo se observó un aumento significativo del sobrediagnóstico de lesiones preinvasoras de alto grado. A continuación se presenta el análisis detallado de estos hallazgos:

Calificación promedio: En el grupo con experiencia no se observaron diferencias significativas en la calificación promedio luego del entrenamiento (ver Figura 10). A diferencia del grupo sin experiencia, los participantes con experiencia presentaron una calificación promedio más alta al inicio del entrenamiento, la cual se mantuvo en el mismo nivel de desempeño medianamente satisfactorio (entre 80 y 90%) al final del entrenamiento. Sin embargo, hubo seis profesionales con experiencia (40%) que presentaron un desempeño insatisfactorio en la prueba de entrada (<80%), de los cuales tres lograron alcanzar un desempeño satisfactorio >90% y uno un desempeño medianamente satisfactorio de 83% en la prueba de salida.

Falsos negativos: Al igual que en los casos anteriores, en el grupo con experiencia también se observó una disminución significativa ( $p < 0.001$ ) del porcentaje de falsos

negativos, variando desde 7% en la prueba de entrada a 0% en la de salida (ver Figura 10).

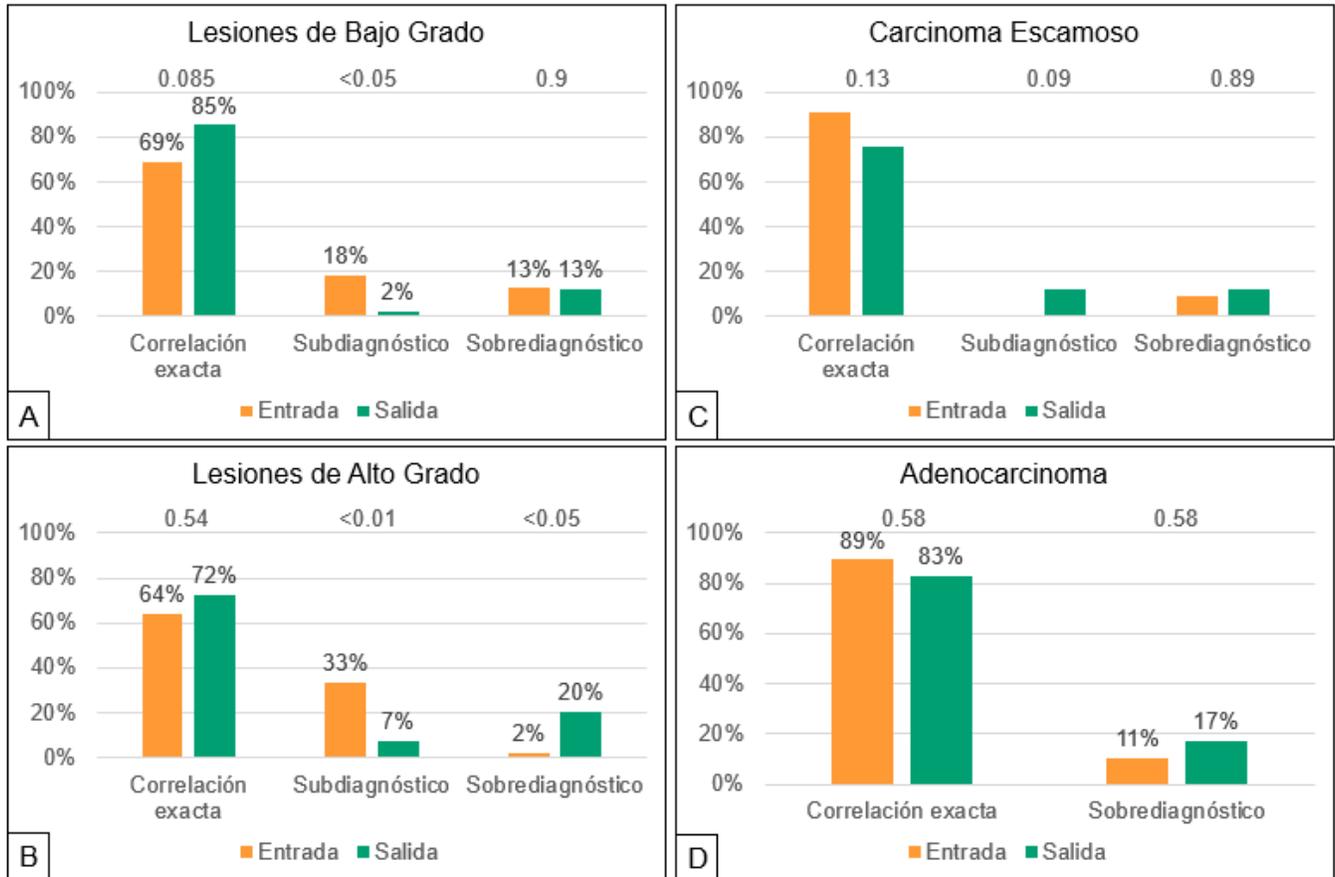


**Figura 10. Desempeño de participantes con experiencia según indicadores de aprendizaje.** En la figura se grafica el porcentaje de desempeño obtenido por los participantes con experiencia en los distintos indicadores de aprendizaje evaluados, tanto en la prueba de entrada como en la de salida. El nivel de significancia se presenta en la parte superior de cada gráfico de barras. Se consideraron significativo los valores  $p < 0.05$ .

Correlación exacta: En cuanto a la correlación exacta, tampoco se observaron diferencias significativas entre la prueba de entrada y salida, analizando ya sea las respuestas a nivel global, como por cada categoría diagnóstica considerada (ver Figuras 10 y 11). Al igual que en la calificación promedio, los participantes con experiencia presentaron una correlación exacta más alta que el grupo sin experiencia al inicio del entrenamiento.

Subdiagnóstico: El porcentaje de subdiagnósticos sí presentó diferencias significativas globales en este grupo ( $p < 0.001$ ), disminuyendo de 16% a 4% luego del entrenamiento. El análisis de subdiagnósticos por categoría, muestra una disminución significativa en las categorías preinvasoras (ver Figura 11, A y B), en

las que disminuyó de 18% a 2% en lesiones de bajo grado y de 33% a 7% en lesiones de alto grado. No se observaron diferencias significativas en el subdiagnóstico de categorías invasoras (ver Figura 11, C y D).



**Figura 11. Desempeño de participantes con experiencia por categoría según indicadores de aprendizaje.** En la figura se grafica el porcentaje de desempeño obtenido por los participantes con experiencia, en los distintos indicadores de aprendizaje evaluados por categoría diagnóstica seleccionada, tanto en la prueba de entrada como en la de salida. El nivel de significancia estadística se presenta arriba. Se consideró significativo cualquier valor  $p < 0.05$ .

Sobrediagnóstico: El sobrediagnóstico global en este grupo aumentó significativamente ( $p < 0.05$ ), lo cual significa que aumentó la sobreinterpretación de lesiones menos graves (ver Figura 10). Al hacer el análisis entre las categorías diagnósticas consideradas, solo se observó un aumento significativo en las lesiones preinvasoras de alto grado ( $p < 0.05$ ), de 2% a 20% entre la prueba de entrada y salida respectivamente (ver Figura 11, B).

Hubo 11 respuestas de 54 que presentaron error de sobrediagnóstico en la categoría de alto grado en la prueba de salida del Módulo de Entrenamiento, los

cuales correspondieron a 7 casos negativos y 4 lesiones de bajo grado, clasificados como lesiones de alto grado. De estas 11 respuestas erradas, 8 (72,7%) ocurrieron en ítems con imágenes estáticas. Un análisis detallado mostró que el principal error ocurrió en una pregunta donde los participantes interpretaron una lesión de alto grado, como un caso negativo para células neoplásicas, pero que presentaba cambios citopáticos producidos por infección con virus herpes simple, el cual suele confundirse con lesiones de alto grado y lesiones glandulares (Bethesda, 2016).

## 2) Análisis de la encuesta usuaria

La encuesta usuaria permitió conocer la opinión personal de los participantes respecto del Módulo de Entrenamiento, evaluar la utilidad percibida en el mejoramiento de sus habilidades en citodiagnóstico ginecológico, detectar las principales dificultades en su interacción con el módulo y la nueva metodología, recolectar información respecto de las fortalezas y debilidades de la metodología empleada, así como aquellos posibles aspectos que pudieran ser mejorados en futuras versiones.

### - *Percepción general del Módulo de Entrenamiento*

En términos generales, el 35% de los participantes manifestó que el uso de la plataforma les resultó intuitivo y no requirieron de apoyo adicional, mientras que el 65% restante consideró que inicialmente les fue necesario contar con apoyo adicional para entender el funcionamiento y dinámica del módulo, pero luego de aprender los aspectos básicos, les resultó de fácil uso. Esto se refleja en hecho que 91% de los participantes valoró como necesarios y suficientes los tutoriales presentados en forma previa al trabajo con el Módulo de Entrenamiento, manifestando que entregan toda la información requerida para interactuar tanto con la plataforma Moodle como con el visualizador de láminas digitales. Además, el 97% de los participantes manifestó que las instrucciones entregadas en distintas instancias, les permitieron trabajar de forma bastante autónoma durante el entrenamiento.

Con respecto al grado de dificultad percibida, la mayoría de los participantes (98%) la consideró adecuada, señalando que esta implicó un desafío prudente, acorde a su nivel.

Con respecto al tiempo que tuvieron que dedicar al desarrollo del módulo, el 72% manifestó que fue adecuado y solo un 28% opinó que les requirió una cantidad excesiva de tiempo. Sobre el grado de continuidad seguido durante la fase de entrenamiento, en general, la mayoría de los participantes (94%) declaró haber trabajado de forma pausada o discontinua a lo largo del módulo, avanzando parcialmente durante varios días.

- *Utilidad percibida del Módulo de Entrenamiento*

El 74% de los participantes consideró que el Módulo de Entrenamiento fue bastante útil y les permitió desarrollar sus habilidades interpretativas en citodiagnóstico ginecológico. El 26% restante lo consideró potencialmente útil, ya que requiere mayor desarrollo, sobre todo en relación a los aspectos técnicos (información que se profundizará más adelante). No obstante lo anterior, el 91% de los participantes calificó el Módulo de Entrenamiento en términos generales con nota 6 o 7 (en una escala del 1 al 7).

En cuanto al contenido entregado, el 96% señaló que la retroalimentación fue apropiada y aportó información relevante que les ayudó a mejorar el entendimiento e interpretación de casos. Dentro de las actividades presentadas, los participantes consideraron que la más importante para el desarrollo de sus habilidades fue la interpretación de imágenes estáticas y la retroalimentación con láminas digitales anotadas. Por otro lado, señalaron que la retroalimentación que contribuyó en menor medida fue la descripción citológica de cada caso.

Respecto de la calidad del material citológico, el 91% de los participantes destacó la representatividad de las lesiones en los casos, manifestando que estas presentan cambios morfológicos característicos que permiten justificar adecuadamente el diagnóstico final. El 90% manifestó que la calidad de las imágenes estáticas fue adecuada. Con respecto a las láminas digitales, el 65% manifestó que su calidad

fue adecuada y un 28% consideró que la calidad fue variable, con algunas láminas de mejor y otras de peor calidad.

#### - *Dificultades técnicas presentadas*

La principal dificultad que experimentaron los participantes durante el desarrollo del Módulo de Entrenamiento fue con el visualizador de láminas digitales. El 80% de los participantes manifestó que la velocidad de carga de éstas fue lenta y deficiente, perjudicando su visualización y aumentando con ello el tiempo de revisión de cada caso, razón por la cual algunos participantes manifestaron que el tiempo de dedicación para completar el módulo fue excesivo. El 64% de los participantes calificó el visualizador con nota 4 o 5, y hubo 10 personas (22%) que consideraron que las fallas presentadas en el visualizador impactaron fuertemente en su apreciación final del módulo.

Las dificultades con el visualizador no solo se relacionaron con la lentitud de carga mencionada en el párrafo anterior, sino que también con la sobrecarga del servidor debido a la cantidad de usuarios conectados al mismo tiempo. Según lo manifestado por los participantes (revisar comentarios del Anexo 7), el trabajo con el módulo se facilitaba en algunos horarios menos congestionados, sin embargo, la disponibilidad de tiempo personal de los participantes no siempre coincidió con dicha ventana de tiempo, razón que explica el abandono del entrenamiento por parte de algunos usuarios.

#### - *Fortalezas y debilidades del Módulo de Entrenamiento*

De los comentarios recolectados en las preguntas abiertas de la encuesta (revisar comentarios en Anexo 7), se desprenden las siguientes fortalezas del Módulo de Entrenamiento:

- La metodología empleada, el formato *online* y la estructura de los contenidos.
- La retroalimentación inmediata, que permite mejorar sobre la marcha.
- La posibilidad de practicar de forma remota el *screening* de láminas.
- La entrega de porcentajes de desempeño individual y comparación con estándares para evaluar el avance personal.

- La gran cantidad de casos disponibles.
- La calidad y representatividad de las imágenes y láminas digitales.
- La utilidad del contenido, sobre todo; las tablas comparativas, la discusión personalizada de casos y la actividad “*test rápido*”.

Con respecto a las principales debilidades y tal como se refirió en el análisis de las preguntas cerradas en la sección anterior, la principal crítica fue el funcionamiento deficiente del visualizador de láminas digitales. Las debilidades más importantes que se desprende de los comentarios de los participantes con relación a este aspecto, fue que la demora en la carga de láminas digitales:

- Hizo agotador el trabajo con el Módulo de Entrenamiento.
- Limitó la visualización solo de algunos campos visuales, generando errores de interpretación.
- Hizo muy difícil utilizar las funcionalidades de aumento y enfoque en el plano z para visualizar mejor los grupos tridimensionales.
- Disminuyó la resolución de las láminas digitales, dificultándose la visualización de detalles celulares y, sobre todo, nucleares más finos.
- Restringió el trabajo en ciertos horarios menos congestionados, que a menudo, interfirieron con el quehacer de los participantes.

Al consultar por sugerencias de mejora, muchos de los participantes con experiencia manifestaron un interés en extender la metodología empleada de manera de incluir más categorías diagnósticas. Los participantes sin experiencia, por su parte, sugirieron la inclusión de mayor contenido teórico apoyado por imágenes y la posibilidad de contar con una sección de referencias donde acceder a material complementario.

En síntesis, en relación a la utilidad y el efecto que tuvo en los participantes el trabajo con el Módulo de Entrenamiento, los resultados más relevantes que se desprenden de esta tesis indican mejoras estadísticamente significativas en la detección global de lesiones cervicales, con disminución en el porcentaje de falsos negativos en ambos grupos de participantes. Mejoras en la precisión interpretativa se produjeron principalmente en el grupo sin experiencia, específicamente en la interpretación de

lesiones preinvasoras, tanto de bajo como de alto grado. Respecto a la percepción de los participantes, la mayoría valoró el trabajo con el módulo, la metodología empleada y la posibilidad de entrenar el *screening* citológico de forma *online*, manifestando su utilidad para el desarrollo de habilidades en citodiagnóstico.

## Discusión

A nivel nacional el CCu es el tercer cáncer más frecuente y la quinta causa de muerte por cáncer en la población femenina, falleciendo diariamente 2 mujeres por esta causa (Globocan 2020). No obstante lo anterior, debido a su pesquisa temprana mediante el método de citología de Papanicolaou (PAP) incorporado a través del Programa Nacional de Cáncer Cérvico Uterino, la tasa de mortalidad por esta patología ha llegado a disminuir en un 67,28% en nuestro país (9).

La efectividad del PAP está determinada en gran medida por la calidad y precisión del *screening* o revisión citológica de la muestra (16). Se ha demostrado que la interpretación de la citología ginecológica presenta cierto grado de subjetividad en la clasificación morfológica certera de las alteraciones observadas, y que la incidencia de errores de detección e interpretación está altamente determinada por la experiencia y habilidad del profesional que analiza y diagnostica la muestra (16,18,19,50).

Las estrategias de entrenamiento en citodiagnóstico presentan, en nuestro país, limitaciones relacionadas principalmente con deficiencias en la personalización y estructuración del proceso de corrección y retroalimentación para mejorar el criterio diagnóstico, así como también dificultades para marcar de forma precisa regiones de interés y señalar hallazgos citológicos claves. Otro factor limitante en el proceso de entrenamiento es la vulnerabilidad y deterioro inherente de las colecciones de casos almacenadas en láminas de vidrio, así como la necesidad de espacio y recursos físicos para mantener microscopios y puestos de trabajo.

Con el propósito de explorar nuevas tecnologías que permitan sortear estas limitaciones y apoyar la mejora del desempeño profesional, en esta Tesis se evaluó la utilidad de un Módulo de Entrenamiento *Online* en Citodiagnóstico Ginecológico

diseñado con el objetivo de fortalecer competencias diagnósticas específicas. Dicho módulo fue construido en base a láminas digitales de exámenes de PAP y esquemas de aprendizaje adaptativo, y fue aplicado a un grupo de citotecnólogas(os) y citopatólogas(os), tanto de Chile como del extranjero.

Lo primero a destacar, es que se logró diseñar y construir el Módulo de Entrenamiento *Online* mediante el uso de tecnologías de *E-Learning*, que posibilitaron la creación de un ambiente de aprendizaje independiente y capaz de orientar y proveer retroalimentación de forma automática e inmediata. Dicha herramienta fue dotada, además, de un variado repertorio de láminas digitales de casos clínicos con capacidad de enfoque virtual, centrando su propósito en el fortalecimiento de una competencia profesional determinante para el diagnóstico citopatológico, que apuntó al desarrollo y evaluación de habilidades específicas de detección e interpretación de exámenes de PAP.

Esta herramienta fue aplicada a 45 participantes subdivididos según su experiencia en dos grupos, uno con formación básica en citodiagnóstico y sin experiencia laboral, y otro compuesto por profesionales con distinta cantidad de años de experiencia.

En general, el trabajo con el Módulo de Entrenamiento permitió fortalecer en importante medida la competencia seleccionada, observándose mejoras significativas en el nivel de acierto en la detección de lesiones cervicales, y mejoras parciales en la interpretación certera de lesiones.

La mejora en el nivel de acierto en la detección de lesiones quedó claramente evidenciada con la disminución estadísticamente significativa del porcentaje de falsos negativos, el que disminuyó de 8% a 1%, en ambos grupos de participantes luego del entrenamiento, satisfaciendo así el primer objetivo de aprendizaje propuesto.

En 2018 el porcentaje de falsos negativos estimado para el total de laboratorios de la red nacional fue de 4,6% (23). Si bien se ha estimado que cerca de un 85% de los casos falsos negativos en citología ginecológica se deben a errores de muestreo y preparación de las muestras (24,51), los efectos en la disminución del porcentaje

de falsos negativos luego del trabajo con este Módulo de Entrenamiento son bastante prometedores. Indagar respecto de si estos resultados pueden extrapolarse a la microscopía convencional, sería fundamental para poder determinar si el trabajo con el módulo permitiría contribuir a disminuir los falsos negativos y los errores producidos por fallas en el *screening* de las muestras.

Respecto a la certeza en la interpretación de lesiones cervicales, luego del entrenamiento se logró evidenciar un aumento estadísticamente significativo en la correlación exacta solo en el grupo sin experiencia, específicamente en la interpretación de lesiones preinvasoras, sin observarse diferencias significativas en lesiones invasoras, tanto en carcinomas escamosos como en adenocarcinomas.

Este resultado podría ser explicado porque inicialmente las categorías invasoras tuvieron un porcentaje de correlación exacta inicial (prueba de entada) más alta que las categorías preinvasoras. Para lesiones preinvasoras de bajo grado la correlación exacta inicial fue de 64% y para las de alto grado de 52%, mientras que para los carcinomas escamosos fue de 71% y para los adenocarcinomas de 84%. Desde este punto de vista, el Módulo de Entrenamiento consiguió nivelar el desempeño en la interpretación de lesiones cervicales, puesto que permitió aumentar significativamente la correlación exacta de lesiones preinvasoras de bajo grado a 82% y las de alto grado a 70%, equiparando los porcentajes con las lesiones invasoras.

Por otro lado, es importante señalar que la creación del material de refuerzo y la retroalimentación fue mucho más fácil de lograr para las lesiones preinvasoras, ya que las características morfológicas propias de estas categorías son más claras y estrictas, por lo que es más fácil contrastarlas y señalarlas en láminas digitales e imágenes estáticas. De esta forma, en el Módulo de Entrenamiento se logró proporcionar a los participantes ejemplos muy representativos que destacaron los patrones morfológicos propios de cada lesión, así como también ejemplos comparativos que permitieron contrastar estas características con sus principales imitadores morfológicos (i.e., lesiones o hallazgos citológicos distintos que poseen características morfológicas similares que pueden confundir el diagnóstico), lo que

efectivamente se vio reflejado en el aumento de la correlación exacta de estas categorías y en la disminución de alguno de los errores más frecuentes, sobre todo de subdiagnóstico.

Por el contrario, la creación del material educativo para lesiones invasoras fue mucho más desafiante. Si bien existen características clásicas para la identificación de carcinomas escamosos y adenocarcinomas, no resulta sencillo justificar y señalar las diferencias con los principales imitadores para hacer un diagnóstico diferencial. Además, dependiendo del grado de diferenciación de estas lesiones invasoras, muchas veces los patrones morfológicos se superponen entre ellos, agregando aún mayor dificultad al establecimiento de la categoría a la que pertenecen (Bethesda 2016).

En el presente estudio se observó que en carcinomas escamosos el principal error de interpretación en el que incurrieron los participantes fue confundir esta categoría con lesiones preinvasoras de alto grado y adenocarcinomas. Por su parte, en adenocarcinomas el principal error de interpretación se produjo al confundir esta categoría con carcinomas escamosos. Efectivamente estos corresponden a los principales diagnósticos diferenciales descritos en la literatura especializada para ambas categorías (Bethesda 2016). Aunque en el Módulo de Entrenamiento se entregó información teórica y retroalimentación práctica para sortear estas dificultades, a la luz de los resultados obtenidos resulta razonable suponer que para reforzar el reconocimiento de patrones morfológicos de forma más fina, aumentar la correlación exacta y disminuir la incidencia de errores más específicos, sea necesario no solo incorporar más ejemplos, episodios de clasificación y mayor variabilidad de casos e imágenes en estas categorías, sino que también explorar otras estrategias de enseñanza.

Una situación similar se produce al analizar el desempeño de los participantes considerando su nivel de experiencia. En el grupo con experiencia no se observaron diferencias significativas en el desempeño general, en cuanto a la certeza en la interpretación de lesiones cervicales y a la calificación promedio obtenida en las pruebas de entrada y salida. En promedio, los participantes con experiencia

obtuvieron una calificación de 81% y una correlación exacta de 78% en la prueba de entrada, finalizando con 89% y 84% respectivamente en la prueba de salida.

Por un lado, esto podría haberse debido a que hubo menos participantes con experiencia en relación a los sin experiencia, que fueron doblemente más numerosos, lo cual podría haber incidido en que estadísticamente no se hayan observado diferencias entre ambos grupos. Sin embargo, lo más probable es que independiente de la cantidad de participantes con experiencia, es esperable que este grupo tenga mejor desempeño, puesto que están expuestos diariamente al diagnóstico de exámenes de PAP. Por lo tanto, estos hallazgos probablemente apuntan a que los expertos requieren otro enfoque para el fortalecimiento y desarrollo continuo de sus habilidades. Esto nos lleva nuevamente a la necesidad de incluir en el Módulo de Entrenamiento otro tipo de estrategias que, para este caso y para las categorías diagnósticas mencionadas, estén más orientadas hacia la discusión de casos y a fomentar la participación e interacción entre pares.

Convencionalmente, una de las estrategias más utilizadas para la educación continua del personal dedicado al citodiagnóstico es la discusión de casos con correlación citohistológica, sobre todo de aquellos exámenes donde se producen discrepancias en la correlación (52,53). Esto permite exponer a los participantes a matices interpretativos más específicos, facilita el acuerdo diagnóstico, permite identificar errores interpretativos individuales y genera discusión sobre cómo corregir dichos errores (52).

Una forma de implementar lo anterior en ambientes electrónicos de aprendizaje, es a través de metodologías de aprendizaje colaborativo. Estas metodologías han demostrado ser eficientes en el mejoramiento del desempeño de estudiantes con mayor experiencia. Un estudio realizado por M. Sahota *et al* incorporó ejercicios de anotación colaborativa de láminas digitales para un curso práctico en patología, en un grupo de estudiantes *junior* y *senior*. Estos autores solo observaron mejoras significativas en la calificación final de los estudiantes *senior* que utilizaron ejercicios de anotación y discusión colaborativa, en comparación con aquellos que entrenaron con ejercicios de anotación y retroalimentación individual. En contraste, para

alumnos *junior* no se observaron diferencias en las calificaciones finales al comparar ambas estrategias de anotación y retroalimentación (54). De lo anteriormente expuesto se desprende que la incorporación de este tipo de metodologías al Módulo de Entrenamiento podría ser una buena aproximación para mejorar la correlación de casos más difíciles de interpretar y el desempeño de profesionales con mayor experiencia.

Por otro lado, nuevamente es importante considerar que el trabajo con el módulo permitió nivelar a los participantes con experiencia que tuvieron peor desempeño inicial. De los participantes con experiencia que presentaron un desempeño insatisfactorio en la prueba de entrada, el 46% logró mejorar significativamente su calificación en la prueba de salida, obteniendo desempeños satisfactorios (>90%) y medianamente satisfactorios (>80%), llegando a alcanzar los mismos niveles que aquellos participantes que partieron con mejor desempeño. Por lo tanto, el Módulo de Entrenamiento permite apoyar efectivamente el desarrollo de habilidades interpretativas, sobre todo en aquellos participantes con menos experiencia y con peores desempeños iniciales. Por lo demás, la metodología empleada, el material seleccionado y la retroalimentación construida también permitió mejorar la interpretación de lesiones que causaron inicialmente mayor confusión entre los participantes.

Respecto a la percepción de los participantes acerca de la utilidad del Módulo de Entrenamiento, una amplia mayoría lo valoró de forma positiva. El 74% de los participantes lo consideró bastante útil para el desarrollo de sus habilidades interpretativas, mientras que el 26% restante lo consideró como potencialmente útil, manifestando principalmente que requiere mayor desarrollo y corrección en algunos aspectos técnicos, lo cual será discutido más adelante.

En general, ambos grupos resaltaron tres principales fortalezas: 1) la incorporación de tecnologías innovadoras que les permitieron practicar de forma remota el *screening* de exámenes de PAP, observar anotaciones sobre las láminas digitales y recibir retroalimentación inmediata que les permitió mejorar sobre la marcha, 2) la

cantidad, calidad y representatividad de las imágenes y láminas digitales a las cuales tuvieron acceso, y 3) la calidad y utilidad del contenido teórico entregado.

Efectivamente, uno de los resultados más valiosos que se desprenden de esta Tesis es la generación de un repositorio de láminas digitales de exámenes de PAP convencionales con capacidad de enfoque virtual. Esto se logró gracias a la generación de un protocolo de escaneo optimizado para la digitalización de este tipo de muestras, que permite mantener una relación peso/calidad equilibrada en las láminas digitales obtenidas. El contar con este tipo de láminas digitales permite simular de mejor manera la experiencia práctica del *screening* citológico, constituyendo un material educativo mucho más adecuado para el entrenamiento en citopatología, lo que marca una importante diferencia con otros estudios que abordaron el entrenamiento en citodiagnóstico utilizando microscopía virtual (47,48,55).

Otra de las ventajas del módulo diseñado en esta Tesis es que, tanto para la selección de casos como para la construcción de la retroalimentación y el contenido de refuerzo, se contó con la participación de profesionales expertas con amplia experiencia no solo en el área, sino que además en programas de formación y especialización en citodiagnóstico. Este hecho permitió obtener una colección digital de casos con lesiones representativas y un material teórico de refuerzo de un alto estándar de calidad, que fue valorado por los participantes como una de las fortalezas del módulo.

Con respecto a las debilidades del Módulo de Entrenamiento, la mayor dificultad según la experiencia y percepción de los usuarios radicó en el visualizador de láminas digitales *online*. Para la mayoría de los participantes la velocidad de visualización fue lenta y deficiente, llegando a entorpecer la correcta evaluación de los casos, incluso desmotivando el trabajo de *screening online*. Es necesario destacar que este problema constituyó la principal razón de abandono del entrenamiento por parte de los participantes.

Desde la perspectiva de los usuarios, lo que resultó más crítico fue que para algunos, estas dificultades generaron inseguridad en los diagnósticos al tener que

responder solo con algunos campos de la lámina, enviando respuestas que a menudo eran incorrectas y que puede que no hayan reflejado lo que realmente saben. Por otra parte, desde el punto de vista del desempeño de la herramienta, la lentitud del visualizador fue una de las principales limitaciones, ya que no permitió aprovechar completamente las ventajas de las láminas digitales obtenidas. Además, debido a que el visualizador funcionaba mejor en momentos poco congestionados de usuarios, se limitó la libertad de horario de los participantes, lo que dificultó sobre todo al grupo con experiencia debido a incompatibilidad con sus horarios laborales.

Este problema también se ha reportado en otras experiencias y revisiones, donde se ha manifestado que la lentitud en la visualización de láminas digitales, sobre todo a través de visualizadores *web*, corresponden a una de las principales limitaciones que hoy en día tiene el uso de láminas digitales en citopatología, tanto para el diagnóstico clínico y teleconsulta, como para la enseñanza (56,57). Según lo que se desprende de estos estudios, el problema se debe principalmente a tres factores: 1) peso de los archivos generados, 2) capacidades del visualizador utilizado y 3) velocidad de internet a nivel de usuario. Aunque todos estos factores influyeron en el desempeño del Módulo de Entrenamiento, los desperfectos técnicos en el *software* del visualizador utilizado fueron el principal factor causal. Por esta razón, para futuras implementaciones de este tipo de entrenamiento será necesario abordar y resolver este problema.

Otra medida que puede ser incorporada en una futura versión, es reducir aún más el área de escaneo de las muestras. Muchos participantes con experiencia sugirieron esta opción. Debido a la representatividad de las lesiones en los casos seleccionados, una vez que los participantes fueron capaces de encontrar las lesiones, muchos simplemente pasaban al caso siguiente sin terminar de revisar la lámina completa. De hecho, en CyTest™, una implementación *online* de la Comisión Europea, se solicita a los participantes marcar sobre una lámina digital las lesiones observadas, limitando el área de visualización a una región preestablecida y marcada, de modo que los participantes no requieren recorrer la totalidad de la lámina (55). Debido a que el Módulo de Entrenamiento está enfocado a la enseñanza, reducir el tamaño de las láminas digitales podría no ser un

inconveniente, siempre y cuando permita de todas maneras entrenar el *screening* y la habilidad de detección de lesiones.

En este análisis también hay que considerar que la lentitud en la revisión de láminas digitales es una característica inherente de la microscopía virtual. Se ha reportado que el tiempo requerido para visualizar una lámina digital es de una a dos veces mayor que el requerido para visualizar una lámina convencional (56), hecho que concuerda con lo manifestado por los participantes de este estudio. Esto podría deberse a la forma en que se recorre la lámina digital en los visualizadores, lo cual es claramente una experiencia diferente a la convencional, y por lo tanto, también requiere de un tiempo de entrenamiento particular (57).

Lo anterior permite considerar que una extensión del periodo de familiarización con la tecnología de visualización sería recomendable para aumentar la confiabilidad de los resultados de este estudio, en el sentido de que posibles mejoras en el manejo del *screening* virtual a lo largo del entrenamiento, podría incidir favorablemente en una mejora en el desempeño de los participantes.

Otra de las limitaciones de esta Tesis estuvo relacionada con la implementación de metodologías de aprendizaje adaptativo. El tipo de metodología que se incorporó en este Módulo de Entrenamiento fue la de adaptabilidad diseñada, donde se fueron recomendando contenidos de aprendizaje a los participantes según sus necesidades. En concreto, luego de que cada participante respondía una pregunta, se le desplegaban distintas opciones de retroalimentación entre las que podía elegir. Sin embargo, para que estas metodologías sean estrictamente adaptativas, el sistema debe ser capaz de recolectar datos de los participantes y en base a ello recomendar el contenido. Por lo tanto, hubiese sido más adecuado que según la respuesta del participante se desplegara retroalimentación específica que explicara su error o reforzara su acierto. Existen estudios que han abordado la adaptabilidad presentando casos de distinta dificultad, acordes el cumplimiento de distintos criterios de maestría a lograr por el participante. En tales estudios, la presentación de contenido se orienta según la respuesta entregada, el tiempo de respuesta o el historial de respuesta de los participantes (31,46,58).

Para lograr esto hay tres factores importantes a considerar: el primero es la cantidad y variedad del material educativo a generar, luego están las capacidades de adaptabilidad de la plataforma a utilizar y finalmente el conocimiento y manejo de dicha plataforma.

Por un lado, para adaptarse a las necesidades individuales de aprendizaje, es necesario construir distintas “rutas de aprendizaje”, que corresponden a distintos caminos o secuencias del contenido, organizadas o etiquetadas en base a diferentes patrones de respuestas. Esto requiere la generación de una gran cantidad de actividades y material, exigiendo una notable dedicación en tiempo y esfuerzo al diseñador docente. Se ha descrito que por cada hora de instrucción se requieren aproximadamente 25 horas de dedicación docente para la generación del contenido y las rutas adaptativas (59).

Esta es, probablemente, una de las principales razones por las cuales en esta Tesis no se logró del todo la adaptabilidad del sistema, pero también es importante señalar que corresponde a uno de los principales desafíos reportados en otros estudios que han implementado esta metodología (31,46,59,60). En el presente trabajo se intentó inicialmente hacer una selección de casos con tres niveles de dificultad para ofrecer distintas rutas de aprendizaje a participantes con distinta experiencia. Pero la selección y clasificación de estos casos fue compleja y requirió un tiempo muy extenso de dedicación. El mismo factor limitante influyó en la creación de la retroalimentación, por lo que en vez de diseñar una retroalimentación específica para cada posible respuesta, se diseñó una retroalimentación estándar con distintos niveles de profundidad, específica para cada caso. Por lo tanto, con el propósito de introducir futuras mejoras en estos aspectos, sería importante considerar un mayor tiempo para la etapa de desarrollo, además de contar con la colaboración de un equipo de trabajo que ayude en la generación y revisión del contenido.

El Módulo de Entrenamiento se diseñó en la plataforma Moodle la cual, si bien corresponde a una herramienta de gestión del aprendizaje versátil que permite incorporar cursos y actividades de diversa índole, no es una plataforma especializada para aprendizaje adaptativo. Las soluciones adaptativas que se han

ido incorporando recientemente a Moodle consisten en una personalización local del proceso de aprendizaje, es decir, solo adapta la respuesta del sistema dentro de una misma actividad (60). Además, este sistema solo se adapta al participante según su respuesta a una pregunta o según la calificación obtenida al final de una actividad, por lo que posee características menos flexibles al compararlo con plataformas más especializadas.

No obstante lo anterior, Moodle fue seleccionado porque un primer intento realizado utilizando una plataforma especializada (Smart Sparrow) reveló que la cantidad de tutoriales e información usuaria disponible para aprender a utilizarla era muy escasa y deficiente. En cambio, Moodle al ser una plataforma de código abierto, posee una extensa comunidad de usuarios que contribuyen con información útil para familiarizarse más rápido con sus funcionalidades. Por lo demás, a pesar de ser menos flexible en términos de adaptabilidad, existen distintos complementos adicionales que permiten superar sus deficiencias. Indagar más en dichos complementos y adquirir más experiencia en el manejo de esta plataforma permitirá robustecer la herramienta generada. Para ello también es importante contar con el apoyo y soporte permanente de ingenieros informáticos, ya que muchos de estos complementos adicionales deben ser agregados mediante programación a la plataforma.

Las limitaciones más importantes de esta Tesis corresponden a limitaciones propias del estado de avance actual de las tecnologías utilizadas y a los desafíos de implementación de la metodología empleada. Algunos autores han sugerido que el uso de “enfoque profundo” (*deep-focusing*) en láminas digitales con múltiples capas, podría ser una solución a la lentitud de carga y transferencia de láminas digitales de forma *online*, mediante el post procesamiento de las imágenes con *softwares* que permitan seleccionar áreas mejor enfocadas en los distintos planos y fusionarlas en una misma imagen de un solo plano (56,57). Por otro lado, otros autores han sugerido la utilización de estrategias de *crowdsourcing* (del inglés *crowd* -multitud- y *outsourcing* -recursos externos-) para comprometer y hacer partícipe a los estudiantes en la creación, moderación y evaluación de recursos y material

educativo, con el objetivo de reducir el costo en tiempo y esfuerzo requerido para la implementación de metodologías de aprendizaje adaptativo (59).

El principal aporte de esta Tesis radica en la generación de una herramienta con amplias proyecciones, capacidades de mejora y escalamiento, que puede ser aplicada en forma remota para el apoyo en el perfeccionamiento de competencias y habilidades profesionales específicas. Poder contar con un instrumento de este tipo toma especial relevancia teniendo en consideración la situación sanitaria actual. Este Módulo de Entrenamiento incorpora soluciones tecnológicas que ayudan a superar las limitaciones actuales de los programas de entrenamiento convencionales, las cuales se han ido agudizando con la pandemia.

Como se ha demostrado en este trabajo, este Módulo de Entrenamiento permite mejorar el rendimiento de personas con menos experiencia y nivelar su desempeño, perfilándose así su uso potencial como apoyo en la formación de pregrado y especialidad, por ejemplo como complemento a prácticas profesionales y cursos prácticos de formación básica, propuestas de desarrollo que han sido manifestadas por los mismos participantes de este estudio.

En el ámbito profesional, cabe destacar que dentro de las competencias propias de citotecnólogos y citopatólogos, en algunos programas internacionales de citodiagnóstico, ya se está incluyendo la habilidad de interpretar exámenes de PAP mediante el uso de tecnologías de visualización *web* (61). Ciertamente con el avance de las tecnologías de escáneres, visualizadores y con aumento de la capacidad de internet, la inserción de estos métodos irá aumentando y se transformarán en futuras exigencias profesionales (56). Por lo demás, se ha planteado la utilización de láminas digitales en pruebas de evaluación profesional y en programas de aseguramiento de la calidad diagnóstica, debido a los beneficios que supone la estandarización de casos y la facilidad de distribución de estos en formato digital. De ahí que estén apareciendo implementaciones como CysTest™ como programas para el entrenamiento y preparación para pruebas de desempeño profesional.

A todo lo anteriormente expuesto se agrega el hecho que la situación sanitaria actual ha dificultado de manera importante la realización de congresos y pasantías de capacitación, lo que abre una excelente oportunidad para insertar estas tecnologías en el ámbito profesional, donde se percibe una buena disposición e interés en su adopción por parte de profesionales en ejercicio. Esto quedó en evidencia con la amplia convocatoria inicial de participantes para esta Tesis, que atrajo no solo a una gran cantidad de chilenos, sino que también a muchos participantes de otros países, los cuales calificaron el módulo como una buena oportunidad para *“reforzar el screening y mantenerse al día con los criterios citológicos”*.

## Conclusión

En esta Tesis se construyó, evaluó y validó una herramienta digital basada en Microscopía Virtual y principios de Aprendizaje Adaptativo en un grupo de citotecnólogas(os) y citopatólogas(os) con distintos niveles de experiencia.

Si bien aún quedan muchos desafíos por superar, los resultados obtenidos son prometedores, permitiendo mejorar sustancialmente el desempeño de participantes menos experimentados y nivelar positivamente a participantes con peores desempeños iniciales. La incorporación de estrategias de discusión y colaboración entre pares se plantean como posibles mejoras a incorporar a este Módulo de Entrenamiento.

La herramienta resultó innovadora y útil para el desarrollo de las habilidades de los participantes, quienes la calificaron como necesaria ante la situación de pandemia actual, como complemento a sus prácticas profesionales, formación básica y actualización profesional.

Las proyecciones de este trabajo de Tesis son amplias dentro del área de la citopatología, las más inmediatas apuntando al entrenamiento para fortalecer el diagnóstico de categorías más ambiguas y casos atípicos, así como también para abordar a futuro citologías no ginecológicas. Esta herramienta también tiene proyecciones hacia las áreas de histología e histopatología, donde puede contribuir en el ámbito de la formación inicial, capacitación y perfeccionamiento profesional.

## Anexos

### Anexo 1: Carta de autorización para digitalización de láminas de PAP

Santiago, 17 de noviembre de 2020

**Sres/as. Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos**

**Facultad de Medicina**

**Universidad de Chile**

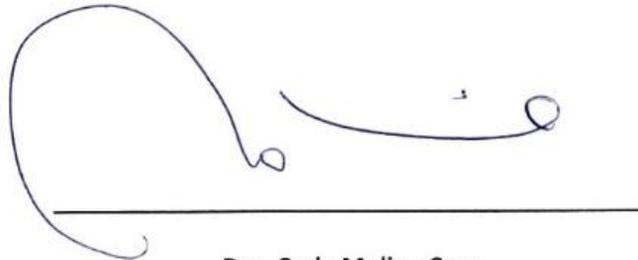
#### Presente

A través de la presente yo, Carla Denisse Molina Cruz, Rut N° 12.838.122-8, directora del Centro de Oncología Preventiva de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, manifiesto mi autorización para la digitalización de láminas citológicas cérvico-vaginales de archivo, para el desarrollo del proyecto titulado **“Fortalecimiento de competencias diagnósticas en citopatología ginecológica mediante Microscopía Virtual y Módulos de Aprendizaje Electrónico Adaptativo”** a ser realizado por la alumna TM Paulina Cubillos Moreno, tesista del programa de Magister en Informática Médica de nuestra universidad, y quien es además funcionaria del Centro de Oncología Preventiva.

La tesista no requiere para su trabajo datos personales de los pacientes, ya que sólo utilizará imágenes digitalizadas, el género, edad y diagnóstico con correlación citohistológica. Por otra parte, debido a que el proceso de digitalización no perjudica la conservación e integridad física de las muestras, esta directora considera factible y criterioso utilizar láminas citológicas cérvico-vaginales almacenadas por Centro de Oncología Preventiva, ya que posterior a su utilización los preparados serán devueltos al archivo de láminas del centro.

Estas láminas citológicas cérvico-vaginales proceden de distintos Servicios de Salud del país y fueron enviadas al Centro que dirijo para su diagnóstico y almacenamiento, por lo que soy la guardiana legal de las mismas.

Sin otro particular se despide atentamente de Uds.



**Dra. Carla Molina Cruz**  
Centro de Oncología Preventiva  
Facultad de Medicina  
Universidad de Chile

## Anexo 2: Fallo postulación a Proyecto Experimento Crítico ICBM 2019



### UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA INSTITUTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS



Santiago, 11 de mayo de 2020

Dra. Eugenia Díaz  
Programa de Biología Integrativa  
Instituto de Ciencias Biomédicas (ICBM)  
Facultad de Medicina  
Universidad de Chile

Estimado Dra. Díaz,

Junto con saludar, me permito informarle que su Postulación al Proyecto Experimento Crítico ICBM 2019 ha sido seleccionada para ser financiada.

En este concurso, se recibieron 2 postulaciones de las cuales se aprobaron 2 para ser financiadas. Su propuesta fue calificada con nota 6.5, en una escala de 1.0 a 7.0, obteniendo la primera posición.

Se adjuntan comentarios de los revisores,

Agradeciendo su participación en este concurso,

Se despide atentamente,

  
Juan Diego Maya, M.D., Ph.D.  
Director  
Instituto de Ciencias Biomédicas (ICBM)  
Facultad de Medicina  
Universidad de Chile



Avda. Independencia 1027. Santiago, Chile. Contacto: +56(2) 2978 6067 - [icbm@med.uchile.cl](mailto:icbm@med.uchile.cl)

[www.medicina.uchile.cl](http://www.medicina.uchile.cl) - [www.icbm.cl](http://www.icbm.cl)

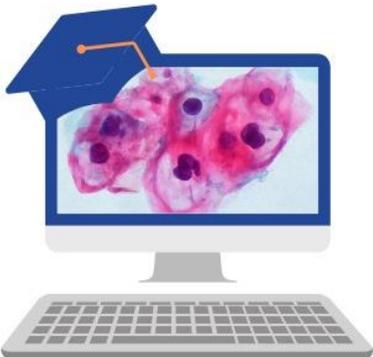
**ENERO  
2021**

# MÓDULO DE ENTRENAMIENTO ONLINE EN CITODIAGNÓSTICO

Basado en láminas virtuales e imágenes de PAP digitalizados

## ¿EN QUE CONSISTE?

Proyecto de tesis para Magíster en Informática Médica de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, que tiene como objetivo fortalecer competencias diagnósticas en citopatología ginecológica.





» **Formulario Inscripción**

✉ [paulinacubillos@uchile.cl](mailto:paulinacubillos@uchile.cl)

## ¿QUIÉNES PUEDEN PARTICIPAR?

- Estudiantes de tecnología médica en último año
- Citopatólogos en formación
- Citopatólogos y citotecnólogos con o sin experiencia laboral



**FACULTAD DE MEDICINA**  
UNIVERSIDAD DE CHILE

**CENTRO DE ONCOLOGÍA PREVENTIVA**  
Universidad de Chile



**MIM** MAGISTER EN INFORMÁTICA MÉDICA

## Anexo 4: Estructura de Encuesta de Opinión Usuaría

### **ASPECTOS GENERALES**

*P1 ¿De qué manera desarrolló este módulo?*

- Lo desarrollé de corrido, sin interrupciones o pausas.
- Lo desarrollé con pausas, avanzando un poco cada día.

*P2 Respecto de la utilidad del módulo se puede afirmar que:*

- Es bastante útil y permite apoyar el desarrollo de habilidades interpretativas en citopatología.
- Tiene poco impacto y utilidad en el desarrollo de habilidades interpretativas en citopatología.
- Es potencialmente útil, pero requiere mayor desarrollo.

*P3 Respecto del nivel de dificultad del módulo, se puede decir que:*

- El módulo es demasiado fácil y no implica un desafío adecuado.
- El módulo es adecuado e implica un desafío prudente.
- El módulo es demasiado difícil.

*P4 Respecto del tiempo que hay que dedicarle al módulo, se puede decir que:*

- Es excesivo, desarrollarlo tarda muchas horas e incluso días.
- Es bajo, se desarrolla en un par de horas.
- Es adecuado, requiere una cantidad prudente de tiempo.

*P5 En general, la interacción con el módulo y sus actividades:*

- Es intuitiva y fácil, no se requiere de un apoyo adicional.
- Inicialmente requiere de un apoyo adicional, pero luego de aprender lo básico es de fácil uso.
- Es compleja, siendo necesario aprender muchas cosas antes de poder utilizarlo correctamente.

### **INSTRUCCIONES Y TUTORIALES**

*P6 Respecto de los tutoriales previos al trabajo con la plataforma, se puede decir que:*

- Fueron necesarios y suficientes, entregaron toda la información requerida para interactuar con la plataforma y el visualizador de láminas digitales.
- Fueron innecesarios puesto que el uso de la plataforma y el visualizador de láminas digitales es bastante intuitivo.
- Fueron necesarios pero insuficientes, no entregaron la información suficiente para poder trabajar correctamente con la plataforma y el visualizador de láminas.

*P7 Respecto de las instrucciones entregadas en el módulo, se puede decir que:*

- Son claras y permiten trabajar con el módulo de forma bastante autónoma.
- Son poco claras y se requiere consultar constantemente a la encargada respecto de cómo trabajar con el módulo.
- Son claras pero insuficientes. Es necesario agregar instrucciones en ciertas secciones del módulo.

## **RETROALIMENTACIÓN**

*P8 Respecto a la retroalimentación entregada, se puede decir que:*

- Es apropiada y aporta información relevante que ayuda a mejorar el entendimiento e interpretación de los casos.
- Es reiterativa y no aporta información relevante.
- Es de buena calidad, pero escasa.

*P9 Seleccione las 3 actividades que más contribuyeron a perfeccionar sus habilidades:*

- Screening de láminas digitales
- Interpretación de fotografías
- Retroalimentación con láminas digitales anotadas
- Información teórica complementaria (notas)
- Descripción citológica detallada
- Diagnósticos diferenciales

*P10 Seleccione las 3 actividades que contribuyeron en menor medida a perfeccionar sus habilidades:*

- Screening de láminas digitales
- Interpretación de fotografías
- Retroalimentación con láminas digitales anotadas
- Información teórica complementaria (notas)
- Descripción citológica detallada
- Diagnósticos diferenciales

## **CALIDAD DEL MATERIAL**

*P11 Respecto a la calidad de las fotografías, se puede decir que:*

- Es adecuada, poseen un buen aumento y tamaño, lo que permite observar detalles más finos
- Es inadecuada, son poco nítidas y muy pequeñas para observar detalles más finos
- Es variable, hay algunas imágenes de mejor y otras de peor calidad

*P12 Respecto a la calidad de las láminas digitales, se puede decir que:*

- Es adecuada, se pueden observar detalles finos y enfocar grupos tridimensionales o células en distintos planos.

- Es deficiente, poseen poca resolución y no se pueden visualizar grupos tridimensionales o células en distintos planos
- Es variable, hay algunas láminas de mejor y otras de peor calidad

*P13 Respecto de la velocidad de carga de las láminas digitales, se puede decir que:*

- Es adecuada y no dificulta la revisión de los casos.
- Es deficiente y esto perjudica la visualización, aumentando el tiempo de revisión de los casos.
- No es un problema. Si bien las láminas virtuales tardan algún tiempo en cargarse, esto no dificulta o molesta la revisión de cada caso.

*P14 Respecto de la representatividad de las lesiones en los casos presentados, se puede decir en general que:*

- Son poco representativas y es difícil encontrar características morfológicas que se correlacionen con el diagnóstico final del caso
- Son bastante representativas y poseen cambios morfológicos característicos que permiten justificar el diagnóstico final
- Son medianamente representativas y poseen características morfológicas sutiles que se correlacionan en cierto grado con el diagnóstico final

*P15 En términos generales y según su percepción, ¿cómo calificaría este módulo de entrenamiento, siendo 1 la nota más baja y 7 la más alta?*

*P16 En términos generales y según su percepción, ¿Cómo calificaría el visualizador de láminas utilizado en el módulo?*

*P17 Considerando las posibles fallas técnicas durante la ejecución del módulo, ¿Qué tanto afectaron estas fallas a su apreciación final del módulo?*

### **PREGUNTAS ABIERTAS**

*P18 ¿Qué fue lo que más le gustó de este módulo?*

*P19 Según su opinión, ¿Qué sería bueno incluir para mejorar el módulo?*

*P20 Si lo desea, agregue un comentario general respecto de su experiencia interactuando con este módulo o alguna sugerencia.*

Anexo 5: Dispensa de consentimiento informado CEISH



UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA  
COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES HUMANOS

---

Santiago, 31 de Marzo de 2021

Srta. Paulina Cubillos  
Alumna programa Magister en Informática  
Facultad de Medicina  
Universidad de Chile  
Presente

Estimada Srta. Cubillos

El Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos (CEISH), con fecha 31 de Marzo de 2021, ha analizado su proyecto **FORTALECIMIENTO DE COMPETENCIAS DIAGNÓSTICAS EN CITOPATOLOGÍA GINECOLÓGICA MEDIANTE MICROSCOPIA VIRTUAL Y MÓDULOS DE APRENDIZAJE ELECTRÓNICO ADAPTATIVO**. Dado que el protocolo ya se había iniciado, el Comité de manera excepcional ha analizado los antecedentes presentados, y el proyecto no presenta reparos éticos y tiene un valor social.

Sin otro particular, le saluda atentamente,

Srta. Javiera Cobo Riveros  
Secretaria Ejecutiva CEISH

## Anexo 6: Comentarios de participantes en Encuesta de Abandono

*“Debido a que el visualizador se tardaba demasiado en cargar, la parte de screening de láminas las resolví al azar, por lo cual después sólo respondí a consciencia las preguntas con imágenes” (Tecnóloga médica sin experiencia)*

*“Creo que la metodología funciona bien, el ver Pap como screening permite reforzar la visualización de láminas generales, lo que permite una mejor práctica que ver solo fotografías pero en mi caso demore mucho en ver cada lámina porque el visualizador no se cargaba bien, puede ser por el internet o por la cantidad de personas conectadas, pero de todas formas creo que la metodología es buena y muy útil sobre todo en tiempos de pandemia dónde lo estudiantes están perdiendo práctica por no poder asistir a laboratorios a ver Pap” (Estudiante de Tecnología Médica en último año)*

*“El módulo está muy bueno. El problema fue que demoraba mucho en cargar las imágenes, lo que llevaba a no revisar completamente las láminas digitales. Traté de hacer una revisión rápida, pero no alcancé a concluir, pero sí estuvo muy interesante.” (Citotecnóloga con 10 años de experiencia, Perú)*

*“Encuentro que es una herramienta súper buena. Tener la posibilidad de revisar casos y reforzar los conocimientos. Si bien, realizamos el trabajo a diario, hay que mantener los criterios súper claros para no cometer errores. Personalmente me encantaría que existiera esta herramienta para muestras no-ginecológicas. Muchas gracias.” (Tecnóloga médica con 1 a 2 años de experiencia)*

*“Me hubiera gustado avanzar en las actividades disponibles, sin embargo, las imágenes me cargaban súper lento en el servidor o simplemente no se veía nada. Intenté probar con diferentes fuentes de conexión a internet pero aun así persistía el problema.” (Estudiante de Tecnología Médica en último año)*

*“Sentí el barrido de la muestra era muy tardado, ya que no se podía avanzar a la misma velocidad que en un microscopio. Esto más la situación de que tardaban mucho en cargar las láminas digitales limito mucho mi avance. Añado a estos factores que no tuve mucho tiempo esa semana por razones personales. Gracias,*

*a pesar de mi dificultad me parece muy bueno que existan ya estas herramientas para aprender a distancia.” (Citotecnóloga con 20 años de experiencia, México)*

*“La experiencia fue buena en general, sólo que al ver las láminas demoraban mucho al cargar, tal vez debido al internet. Por otro lado creo que el módulo es muy interesante y de fácil comprensión para las personas que no tenemos experiencia en esta área.” (Citotecnóloga sin experiencia, Perú)*

*“Lo poco que pude llevar a cabo me parecieron muy buenas las fotografías con muy buena tinción y los cuadros con los diagnósticos de repaso (por ejm. dx. diferenciales) muy didácticos.” (Citopatóloga con 28 años de experiencia, México)*

#### Anexo N°7: Comentarios de participantes en Encuesta Usuaría

##### 1) Dificultades experimentadas

*“Presenté problemas de carga de láminas en la plataforma NDP, por ejemplo, no cargaba la página y debía reiniciar el navegador, o a veces si cargaba la lámina, pero al aumentarla no cargaba. Esto era variable según la hora que trabajaba en el Módulo, siendo las horas de la mañana (8:00-10:30) y noche (22:00-3:00) las que mejor podía trabajar” (Estudiante de Tecnología Médica en último año)*

*“Los problemas con el visualizador de láminas hizo muy agotador progresar en el módulo, y en muchas ocasiones me limitó a observar solo algunos campos para realizar diagnóstico generando errores de interpretación por falta de examinación” (Estudiante de Tecnología Médica en último año)*

*“La mayor debilidad de este proyecto es la visualización de láminas, debido al tiempo que se requiere para cargar la imagen (en mi caso, casi una hora por lámina). Finalmente buscaba por lo menos cinco campos para determinar un diagnóstico (si la carga de imagen era ligeramente más rápida buscaba más), pero aun así me pareció excesivo el tiempo que se requiere” (Estudiante de Tecnología Médica en último año)*

*“Las imágenes cargan demasiado lento, en ningún caso pude observar la placa completa e incluso las herramientas de aumento y de profundidad de campo tuve*

*que utilizarlas en casos particulares ya que incrementaría el tiempo de espera. Lo anterior hizo que al inicio me pareciera muy tedioso completar los módulos, luego pude realizarlos en la mañana y ahí las imágenes cargaban mucho más rápido permitiéndome terminarlo.”* (Tecnólogo médico sin experiencia)

*“Se me hizo muy difícil compatibilizar mis tiempos laborales con este módulo porque requirió demasiado tiempo dado la lentitud del visualizador sobre todo con varios usuarios que seguramente ocupábamos las mismas horas post trabajo. Evidentemente este visualizador no es para diagnóstico porque no se puede esperar recorrer toda la placa y porque es lento, abre por cuadros: si uno quiere volver a otros campos estos no permanecen abiertos, sino que otra vez comienzan a abrirse, trabajé solo con algunos campos y eso genera inseguridad. Creo que para entrenamiento debiera programarse con pocos usuarios y tal vez más corto, todo va a depender del visualizador que definan.”* (Tecnóloga médica con 30 años de experiencia)

## 2) Sugerencias

*“Si fuera posible descargar las imágenes y visualizarlas, en vez de tener que verlas en línea. Problemas de internet o saturación del software entorpecen el diagnóstico.”* (Estudiante de Tecnología Médica en último año)

*“Mejorar el visualizador online y reducir el área de las láminas virtuales para que disminuya el tiempo de su visualización”* (Tecnóloga médica con 6 años experiencia)

*“En la sección de teoría, en los cuadros comparativos, se podría agregar imágenes que complementen lo que está escrito.”* (Tecnóloga médica con 1 a 2 años de experiencia)

*“En un futuro, sería bueno incorporar una sección para la interpretación de lesiones atípicas de origen escamoso y glandular”* (Tecnólogo médico con 2 a 3 años de experiencia)

*“Incluir más antecedentes clínicos como, por ejemplo: fecha de la última regla, día de toma de muestra, método anticonceptivo, aspecto del cuello, etc.”* (Tecnóloga médica sin experiencia)

*“Apuntes para descarga de las notas teóricas y diagnósticos diferenciales”*  
(Tecnóloga médica sin experiencia)

*“Incluiría links con referencias o sitios de interés y lecturas complementarias.”*  
(Estudiante de Tecnología Médica en último año)

*“En mi opinión fortalecer el visualizador de imágenes o utilizar otra plataforma que tenga el mismo fin, podría ayudar a que se generen menos problemas al cargar las imágenes, ya que a veces el tiempo de espera de carga era mucho y debía reiniciarse el navegador para solucionar el problema. Sería bueno incluir quizás una sección de microorganismos, ya que, si bien estaban presentes en algunas de las láminas negativas para células neoplásicas, sería bueno también reforzar ese conocimiento, diferenciar y reconocer los cambios citopáticos característicos de ciertos microorganismos, también pudiendo diferenciarlos de cambios provocados por malignidad.”* (Estudiante de Tecnología Médica en último año)

### 3) Fortalezas

*“Este módulo permite trabajar y recordar, en forma remota y autónoma todo citopatología cervicouterina, desde frotis negativos hasta positivos, es muy complementario con mi formación profesional durante la práctica, y a futuro, en el campo laboral”* (Estudiante de Tecnología Médica en último año)

*“Me gustó lo amigable que es el sistema, el poder realizar screening y la retroalimentación sobre cada caso. En cada uno de ellos la información estaba muy bien explicada, permitiendo aprender de los errores e ir mejorando considerablemente”* (Estudiante de Tecnología Médica en último año)

*“¡Excelente iniciativa! considerando los tiempos actuales de trabajo a distancia, creo que es una herramienta muy útil para docencia.”* (Estudiante de Tecnología Médica en último año)

*“Me gustó mucho y sentí que aprendí bastante, pude ver mejoras, lo que me emociona. Fue una buena herramienta diagnóstica y espero poder participar más adelante en una nueva versión de este módulo. Muchas gracias!”* (Estudiante de Tecnología Médica en último año)

*“Fue una experiencia muy enriquecedora, pude complementar cada sección del módulo con mi internado. Si se llega a implementar este módulo, sería bueno que lo dejaran como un curso complementario durante el internado, ya que permite seguir practicando en casa como simulador.”* (Estudiante de Tecnología Médica en último año)

*“Me encantó, muy bueno, completo y un enorme aporte al conocimiento teórico práctico para el diagnóstico en Citopatología. Espero que el curso siga creciendo”* (Estudiante de Tecnología Médica en último año)

*“A pesar de las dificultades que presenté en la carga de las láminas digitales disfruté mucho esta forma de aprendizaje. Es un excelente trabajo y de gran ayuda para patólogos y estudiantes con poca o ninguna experiencia en citologías.”* (Médico patólogo en formación, Venezuela)

*“Ha sido el mejor curso/entrenamiento que haya hecho jamás. No solo me ha vuelto a ubicar en el mapa de la citología (desde 2010 no miraba citología ginecológica) sino que me ha vuelto a enganchar al screening. Realmente no tengo más que darles las gracias por dejarme participar. Por favor para futuros módulos de entrenamiento cuenten conmigo”* (Citotécnico sin experiencia, España)

*“Es un trabajo bastante innovador que se puede utilizar para mejorar el entrenamiento a distancia.”* (Tecnólogo médico con 1 a 2 años de experiencia)

*“Es bastante agradable contar con un entrenamiento que sea a distancia, ya que acorta tiempos, fallas de envíos de láminas y/o problemas que pueden surgir durante el entrenamiento o evaluaciones presenciales. Muy buena tesis.”* (Tecnólogo médico con 1 a 2 años de experiencia)

*“El módulo es bastante explicativo, mejoré bastante desde la primera vez que lo hice. Los cuadros de resumen de diferencias diagnósticas están excelentes, ayuda mucho a la interpretación de las láminas que se verán a continuación en la sección. Además, en la prueba de la sección encuentras casos representativos que tienen características mencionadas en estos cuadros, reforzando aún más el aprendizaje. El único problema que tiene es el servidor en donde están las láminas digitales.”* (Tecnóloga médica con 4 años de experiencia)

*“Fue una experiencia muy enriquecedora en general aprendí mucho más de citología ginecológica, mi único pero, fue el visualizador de imágenes que demora mucho en cargar y eso consume mucho tiempo entre laminas. Pese a eso agradezco esta oportunidad y espero que este proyecto sea un éxito.”* (Estudiante de Tecnología Médica en último año)

*“Es una gran iniciativa, pero la demora en la carga de láminas ya sea desplazándome en ella, cambiando el aumento, o cambiando el enfoque, lo vuelve un poco tedioso y hace que tome más tiempo realizar la actividad. Por otro lado, mejorando lo anterior, este módulo podría ser una gran herramienta en el aprendizaje de citología. Muy bueno el material complementario y las imágenes.”* (Estudiante de Tecnología Médica en último año)

## Referencias

1. Bosch F., Lorincz A., Muñoz N., Meijer C. J. L. M., Shah K. V. The causal relation between human papillomavirus and cervical cancer. J Clin Pathol [Internet]. 2002;55(4):244–65. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L34293391>
2. Formana D, de Martel C, Lacey CJ, Soerjomatarama I, Lortet-Tieulent J, Bruni L, et al. Global burden of human papillomavirus and related diseases. Vaccine [Internet]. 2012;30(SUPPL.5):F12–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2012.07.055>
3. Broutet N y cols. Control Integral del Cáncer Cervicouterino : Publicación Occasional : Guía de Prácticas Esenciales. 2014. 292 p.
4. Arbyn M, Weiderpass E, Bruni L, de Sanjosé S, Saraiya M, Ferlay J, et al. Estimates of incidence and mortality of cervical cancer in 2018: a worldwide analysis. Lancet Glob Heal. 2020;8(2):e191–203.
5. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Control integral del cáncer cervicouterino: Guía de prácticas esenciales [Internet]. Organización Panamericana de la Salud Organización Mundial de la Salud. 2016. 420 p. Available from: <https://www.who.int/reproductivehealth/publications/cancers/cervical-cancer-guide/es/>
6. Note WHOG. Comprehensive cervical cancer prevention and control : a healthier future for girls and women.
7. Maine D, Hurlburt S, Greeson D. Cervical Cancer Prevention for All Women Cervical Cancer Prevention in the 21st Century : Cost Is Not the Only Issue.

- 2011;101(9):1549–55.
8. Castellsagué X. Natural history and epidemiology of HPV infection and cervical cancer. 2008;110:4–7.
  9. Ministerio de Salud (MINSAL). Guías Clínicas AUGE Cáncer Cérvico Uterino. 2015.
  10. Alliance for Cervical Cancer Prevention Members. Natural history of cervical cancer: even infrequent screening of older women saves lives. 2003;[2]-. Available from: [http://www.path.org/files/RH\\_natural\\_history\\_of\\_cc\\_fs.pdf](http://www.path.org/files/RH_natural_history_of_cc_fs.pdf)
  11. Colposcopy and treatment of cervical intraepithelial neoplasia: a beginners' manual [Internet]. [cited 2021 Mar 18]. Available from: <https://screening.iarc.fr/colpochap.php?chap=2>
  12. Papanicolaou GN. Atlas of Exfoliative Cytology. Published for the Commonwealth Fund by Harvard University Press; 1963.
  13. Sankaranarayanan R, Budukh AM, Rajkumar R. Effective screening programmes for cervical cancer in low- and middle-income developing countries. 2001;2000(10).
  14. Kitchener HC, Castle PE, Cox JT. Chapter 7 : Achievements and limitations of cervical cytology screening. 2006;3:63–70.
  15. ACCP. Prevención del Cáncer Cervical a Nivel Mundial. Alianza para la Prevención del Cáncer Cerv [Internet]. 2011;54(214):528–36. Available from: [http://screening.iarc.fr/doc/PRB-ACCP\\_PreventCervCancer\\_SP.pdf](http://screening.iarc.fr/doc/PRB-ACCP_PreventCervCancer_SP.pdf)
  16. Utagawa ML, Shirata NK, Mattosinho De Castro Ferraz MDG, Di Loreto C, Dall'Agnol M, Longatto-Filho A. Performance of 3 methods for quality control for gynecologic cytology diagnoses. *Acta Cytol.* 2008;52(4):439–44.
  17. Sørbye SW, Suhrke P, Revå BW, Berland J, Maurseth RJ, Al-Shibli K. Accuracy of cervical cytology: Comparison of diagnoses of 100 Pap smears read by four pathologists at three hospitals in Norway. *BMC Clin Pathol.* 2017;17(1):1–6.
  18. Stoler MH, Schiffman M. Interobserver reproducibility of cervical cytologic and histologic interpretations: Realistic estimates from the ASCUS-LSIL Triage Study. *J Am Med Assoc.* 2001;285(11):1500–5.
  19. Atkinson BF, Ehya H, Gupta PK, A FI, Kline TS. Interobserver Variability of Cervical Smears With Squamous-Cell Abnormalities : A Philadelphia Study. 1994;11(4).
  20. Gill GW. Pap smear risk management by process control. *Cancer.* 1997;81(4):198–211.
  21. Branca M, Coleman D V., Marsan C, Pierluigi Morosini. Quality Assurance and Continuous Quality Improvement in Laboratories which undertake Cervical Cytology. *Pharm IT.* 2000;
  22. Birdsong GG, Walker JW. Gynecologic Cytology-Histology Correlation

- Guideline. *J Am Soc Cytopathol* [Internet]. 2017;6(2):VIII–XIII. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2945\(17\)30022-4](http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2945(17)30022-4)
23. Centro de Oncología Preventiva U de C. Evaluación del Sistema Nacional de Laboratorios de Citología. Santiago, Chile; 2019.
  24. Jones BA, Novis DA. *Cervical\_Biopsy\_Cytology\_Correlation\_article.pdf*. Vol. 120, *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*. 1995.
  25. Gupta R, Hariprasad R, Dhanasekaran K, Sodhani P, Mehrotra R, Kumar N, et al. Reappraisal of cytology-histology correlation in cervical cytology based on the recent American Society of Cytopathology guidelines (2017) at a cancer research centre. *Cytopathology*. 2020;31(1):53–8.
  26. Warren AL, Donnon TL, Wagg CR, Priest H. Educational interventions to improve cytology visual diagnostic reasoning measured by eye tracking. *J Vet Med Educ*. 2015;42(1):69–78.
  27. Krasne S, Hillman J, Kellman P, Drake T. Applying perceptual and adaptive learning techniques for teaching introductory histopathology. *J Pathol Inform*. 2013;4(1):34.
  28. Kellman PJ. Adaptive and perceptual learning technologies in medical education and training. *Mil Med*. 2013;178(10 Suppl):98–106.
  29. Evered A. Perceptual and adaptive learning modules and their potential to transform cytology training programmes. *Cytopathology*. 2018;29(4):371–4.
  30. Evered A, Walker D, Watt AA, Perham N. Untutored discrimination training on paired cell images influences visual learning in cytopathology. *Cancer Cytopathol*. 2014;122(3):200–10.
  31. Samulski TD. Adaptive eLearning Modules for Cytopathology Education. *Diagn Cytopathol*. 2016;00.
  32. Saco A, Bombi JA, Garcia A, Ramírez J, Ordi J. Current Status of Whole-Slide Imaging in Education. *Pathobiology*. 2016;83(2–3):79–88.
  33. Sagun L, Arias R. Digital Pathology: An Innovative Approach to Medical Education. *Philipp J Pathol*. 2018;3(2):7–11.
  34. Dee FR. Virtual microscopy in pathology education. *Hum Pathol* [Internet]. 2009;40(8):1112–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humpath.2009.04.010>
  35. Steinberg DM, Ali SZ. Application of virtual microscopy in clinical cytopathology. *Diagn Cytopathol*. 2001;25(6):389–96.
  36. Mukherjee MS, Donnelly AD, Deagano VJ, Lyden ER, Radio SJ. Utilization of virtual microscopy in cytotechnology educational programs in the United States. *J Pathol Inform*. 2016;7(1).
  37. Donnelly A, Lyden E, Mukherjee M, Radio S. Virtual microscopy in cytotechnology education: Application of knowledge from virtual to glass. *Cytojournal*. 2012;9(1):12.

38. Hamilton PW, Wang Y, McCullough SJ. Virtual microscopy and digital pathology in training and education. *Apmis*. 2012;120(4):305–15.
39. Van Es S, Pryor W, Belinson Z, Salisbury E, Velan G. Cytopathology whole slide images and virtual microscopy adaptive tutorials: A software pilot. *J Pathol Inform*. 2015 Sep 23;6(1):54.
40. Marcus N, Ben-Naim D, Bain M. Instructional support for teachers and guided feedback for students in an adaptive elearning environment. *Proc - 2011 8th Int Conf Inf Technol New Gener ITNG 2011*. 2011;626–31.
41. Bimba AT, Idris N, Al-Hunaiyyan A, Mahmud RB, Shuib NLBM. Adaptive feedback in computer-based learning environments: a review. *Adapt Behav*. 2017;25(5):217–34.
42. &NA; Educational Strategies to Promote Clinical Diagnostic Reasoning. *Surv Anesthesiol*. 2007;51(2):75.
43. Fontaine G of adaptive e-learning for health professionals and students: A systematic review and meta-analysis, Cossette S, Maheu-Cadotte MA, Mailhot T, Deschênes MF, Mathieu-Dupuis G, et al. Efficacy of adaptive e-learning for health professionals and students: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2019;9(8):1–17.
44. Athmika T. Learning Management Systems: A Brief History of their Evolution [Internet]. August 26. 2020 [cited 2021 Mar 1]. Available from: <https://blog.commlabindia.com/elearning-design/learning-management-system-evolution>
45. Kakasevski G, Mihajlov M, Arsenovski S, Chungurski S. Evaluating Usability in Learning Management System Moodle. *Int J Soft Comput*. 2013;4(1):1–8.
46. Samulski TD, Taylor LA, La T, Mehr CR, McGrath CM, Wu RI. The utility of adaptive eLearning in cervical cytopathology education. *Cancer Cytopathol*. 2018;126(2):129–35.
47. Van Es SL, Kumar RK, Pryor WM, Salisbury EL, Velan GM. Cytopathology whole slide images and adaptive tutorials for senior medical students: A randomized crossover trial. *Diagn Pathol* [Internet]. 2016;11(1):1–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s13000-016-0452-z>
48. Van Es SL, Kumar RK, Pryor WM, Salisbury EL, Velan GM. Cytopathology whole slide images and adaptive tutorials for postgraduate pathology trainees: A randomized crossover trial. *Hum Pathol*. 2015 Sep 1;46(9):1297–305.
49. Proficiency GC, Program T. *Pap pt 2 0 1 1* ©. 2011;3–6.
50. Sørbye SW, Suhrke P, Revå BW, Berland J, Maurseth RJ, Al-shibli K. Accuracy of cervical cytology : comparison of diagnoses of 100 Pap smears read by four pathologists at three hospitals in Norway. 2017;1–6.
51. Park C-H. False-negative results of conventional Papanicolaou cervical cytology in women with cervical conization. *Korean J Gynecol Oncol*.

- 2008;19(1):40.
52. Crothers BA. Cytologic-histologic correlation: Where are we now, and where are we going? *Cancer Cytopathol.* 2018;126(5):301–8.
  53. Instituto de Salud Pública. “Recomendaciones De Buenas Prácticas Para Laboratorios De Citopatología Ginecológica.” 2018;Resolución Exenta N°822 04.04.2018. Available from:  
[http://www.ispch.cl/sites/default/files/resolucion/2018/04/Resolución Exenta N°822 04.04.2018.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/resolucion/2018/04/Resolución%20Exenta%20N%26822%2004.04.2018.pdf)
  54. Sahota M, Leung B, Dowdell S, Velan GM. Learning pathology using collaborative vs. individual annotation of whole slide images: a mixed methods trial. *BMC Med Educ [Internet].* 2016;16(1):1–9. Available from:  
<http://dx.doi.org/10.1186/s12909-016-0831-x>
  55. Lianas L, Piras ME, Musu E, Podda S, Frexia F, Ovcin E, et al. CyTest – An Innovative Open-source Platform for Training and Testing in Cythopathology. *Procedia - Soc Behav Sci [Internet].* 2016;228(June):674–81. Available from:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.103>
  56. Eccher A, Girolami I. Current state of whole slide imaging use in cytopathology: Pros and pitfalls. *Cytopathology.* 2020;31(5):372–8.
  57. Capitanio A, Dina RE, Treanor D. Digital cytology: A short review of technical and methodological approaches and applications. *Cytopathology.* 2018;29(4):317–25.
  58. Rimoin L, Altieri L, Craft N, Krasne S, Kellman PJ. Training pattern recognition of skin lesion morphology, configuration, and distribution. *J Am Acad Dermatol [Internet].* 2015;72(3):489–95. Available from:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaad.2014.11.016>
  59. Khosravi H, Sadiq S, Gasevic D. Development and adoption of an adaptive learning system reflections and lessons learned. *Annu Conf Innov Technol Comput Sci Educ ITiCSE.* 2020;58–64.
  60. LERÍS LÓPEZ D, VEA MUNIESA F, VELAMAZÁN GIMENO Á. Aprendizaje adaptativo en Moodle: tres casos prácticos. *Educ Knowl Soc.* 2015;16(4):138.
  61. Commission on Accreditation of Allied Health Education Programs. Standards and guidelines for the accreditation of educational programs in Cytotechnology. 2013.
  62. Canadian Society for Medical Laboratory Science. Competency Profile Diagnostic Cytology. 2018.
  63. (ISP) I de SP. INSTRUCTIVO PEEC [Internet]. 2017 [cited 2021 Mar 15]. p. 246. Available from: <https://docplayer.es/75080076-Instructivo-peec-2017.html>
  64. Schiffman M, Castle PE, Ph D. The Promise of Global Cervical-Cancer Prevention. 2005;2101–4.