

Implementación de un Curso de Anatomía con Orientación Clínica Usando Nuevos Recursos Digitales y 3D a través de un Enfoque Combinado, Resultados a 7 Años de Experiencia Docente en una Nueva Carrera de Medicina en Chile

Implementation of a Clinical Anatomy Course Using New Digital and 3D Resources Through a Blended Approach, Results Following 7 Years of Teaching Experience in a New Medical Career in Chile

Pedro Hecht-López¹ & Eduardo Parra-Villegas²

HECHT-LÓPEZ, P. & PARRA-VILLEGAS, E. Implementación de un curso de anatomía con orientación clínica usando nuevos recursos digitales y 3D a través de un enfoque combinado, resultados a 7 años de experiencia docente en una nueva carrera de medicina en Chile. *Int. J. Morphol.*, 43(3):829-837, 2025.

RESUMEN: El año 2015 se adquirieron nuevos recursos tecnológicos para el Laboratorio de Anatomía de la naciente Escuela de Medicina de la Universidad de Tarapacá, tras revisar sistemáticamente materiales didácticos innovadores. En forma paralela se capacitó a los docentes para ocupar esa tecnología, mediante un proceso de enseñanza-aprendizaje centrado en el estudiante. Se utilizaron una mesa táctil de disección digital SECTRA® y su estación de trabajo complementaria (ambas conectadas mediante internet al portal IDS7®), un cadáver sintético Syndaver® que reproduce las características físicas y espaciales de la anatomía macroscópica humana, un set de segmentos anatómicos impresos en 3D de alta fidelidad Erler-Zimmer® que reproducen pequeños detalles de la anatomía cadavérica humana, además, una colección de huesos humanos preparados por nuestro laboratorio para entregar recursos tradicionales de la disciplina. El proceso enseñanza-aprendizaje fue mediante actividades participativas como: clase invertida, aprendizaje basado en problema, lectura dirigida de artículos científicos, disección digital y revisión de anatomía topográfica digital, prospección de modelos anatómicos sintéticos e impresos en 3D, revisión de anatomía radiológica y un cadáver digitalizado mediante el programa VH Dissector® instalado en la mesa SECTRA® para orientar los contenidos revisados hacia su utilidad clínica. Los promedios de calificaciones finales fueron 5,55 el año 2016, 5,32 el 2017, 5,24 el 2018, 5,69 el 2019, 5,99 el 2020, 6,22 el 2021 y 5,80 el 2022 en escala de 1.0 a 7.0 equivalentes a 79,29 %, 76,00 %, 74,86 %, 81,21 %, 85,57 %, 88,86 % y 82,86 % respectivamente. La reprobación de la asignatura fue de 3,33 % el 2016 y luego 2,63 %, 5,40 %, 3,33 %, 2,70 %, 0,00 % y 0,00 % sucesivamente. La enseñanza de anatomía mediante un enfoque combinado, utilizando nuevos recursos tecnológicos y didácticos centrados en el estudiante, permiten optimizar el desempeño del estudiante, logrando un buen rendimiento final y con una baja reprobación de la asignatura.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza; Anatomía 3D; Disección digital; Enfoque combinado; Aprendizaje.

INTRODUCCIÓN

La nueva Escuela de Medicina de la Universidad de Tarapacá (UTA) se encuentra en la ciudad de Arica, frontera norte de Chile, comuna costera habitada por aproximadamente 221.000 personas (Unidad Técnica Arica y Parinacota, 2019). Como ciudad principal de la Región de Arica y Parinacota posee una universidad estatal que comenzó a impartir la carrera de medicina el año 2016 con su primera generación de estudiantes, con el objetivo de disminuir el déficit de médicos en esta zona extrema.

La implementación del laboratorio de anatomía para la nueva carrera no estuvo exenta de problemas y demoras para la adquisición de material anatómico, por lo cual se debió realizar una revisión sistemática de los mejores recursos tecnológicos disponibles para adquirir y complementar con ellos, el estudio de la parte práctica de la asignatura.

Entre los nuevos recursos se adquirió una mesa táctil de disección anatómica digital SECTRA® con su estación

¹ Laboratorio de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile.

² Laboratorio de Biomedicina Experimental, Facultad de Medicina, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile.

FUNDED. Este trabajo fue financiado por la Universidad de Tarapacá (Arica, Chile) mediante el "Proyecto de Investigación para la Innovación en Educación Superior UTA – 2024" Código 7708-24.

de trabajo complementaria. Además para estudiar la anatomía macroscópica emulando las propiedades físicas de los tejidos frescos, se adquirió un cadáver sintético Syndaver®. Para estudiar los pequeños detalles de la anatomía normal se adquirió un set de segmentos anatómicos impresos en 3D de alta definición Erler-Zimmer®, réplicas exactas preparadas por anatomistas a partir de cadáveres humanos (Hecht-López *et al.*, 2023a).

En cuanto a los materiales clásicos para el estudio de anatomía, se prepararon 15 cuerpos humanos en estado de osamenta, que sirvieron para revisar los pequeños detalles anatómicos de la osteología y artrología.

Con respecto al modelo educativo y en armonía con el institucional, este fue centrado en el estudiante, donde el alumno es gestor de su propio conocimiento y los profesores participan principalmente como guías apoyando su aprendizaje activo, mediante diferentes técnicas didácticas, tales como; clase interactiva, clase invertida, el aprendizaje basado en problema, desarrollo de guías de ejercicios de rotulados, laboratorios de prospección de piezas anatómicas y 3D tanto físicas como digitales.

En el presente trabajo se presentarán y analizarán los resultados del rendimiento académico en la disciplina por parte de las 7 primeras cohortes anuales de estudiantes de nuestra joven Carrera de Medicina, considerando el uso de un “enfoque combinado” con nuevos recursos digitales y 3D, para la entrega didáctica de los contenidos apuntando a un aprendizaje significativo.

MATERIAL Y MÉTODO

Nuevos recursos tecnológicos. Mesa táctil de disección anatómica digital SECTRA®. Esta mesa de disección digital es un innovador recurso tecnológico para la enseñanza de anatomía, la cual mediante el programa VH Dissector® reconstruye en 3D y también permite realizar cortes anatómicos por planos, a un cadáver humano digitalizado a partir de la información anatómica procesada en el “Proyecto Humano Visible” (Visible Human Project®, National Library of Medicine). En esta plataforma se puede realizar la disección digital de las diferentes regiones anatómicas y planos del cuerpo humano, tanto en profundidad explorando los diferentes órganos, como en cortes de secciones anatómicas visualizando y destacando las estructuras rotuladas con su nombre. Además en esta misma mesa digital mediante una plataforma RIS/PACS y el programa IDS7 local Education portal® se puede visualizar e integrar la anatomía radiológica del mismo cuerpo, mediante la observación de su Tomografía computada (TC) utilizando

cortes axiales y también reconstrucción multiplanar (RMP), además de 3D. Esta modalidad de uso también permite estudiar otros casos a partir de exámenes de TC y Resonancia magnética (RM) recuperados desde la base de datos local en nuestro laboratorio o también mediante acceso al servidor internacional de SECTRA® Education Portal®, el cual contiene una colección de imágenes médicas de interés anatómico-clínico elaboradas y curadas por importantes centros docentes y universitarios alrededor del mundo.

Estación de trabajo 3D complementaria. Corresponde a una segunda pantalla digital táctil, la que dispuesta verticalmente también permite trabajar con los programas VH Dissector® y además la plataforma IDS7 web de SECTRA®. En este dispositivo los alumnos también pueden trabajar en un grupo pequeño para correlacionar y comparar los hallazgos de la anatomía digital con los otros recursos del tipo modelo 3D físico.

Impresiones 3D Erler-Zimmer®. Estos modelos 3D físicos corresponden a réplicas exactas de segmentos anatómicos preparados y disecados por anatomistas de la Universidad de Monash en Australia, los cuales reproducen con exactitud los pequeños detalles de la anatomía cadavérica humana. Estas preparaciones anatómicas fueron escaneadas mediante TC y luego digitalizadas, para con esos datos imprimirlas en 3D de alta definición por el fabricante Erler-Zimmer® de Alemania. Actualmente las imágenes por TC de esos modelos 3D físicos se han incluido en la base de datos Education portal® de SECTRA®, por lo que también pueden ser visualizados en su formato reconstrucción 3D digital en las pantallas disponibles en nuestro laboratorio.

Cadáver humano sintético Syndaver®. Corresponde a un fantoma o simulador de cadáver sintético, fabricado por SyndaverLabs® en Estados Unidos de Norteamérica (EUA). Está confeccionado a partir de fibras y sales sintéticas biodegradables altamente hidratadas, las que permiten reproducir la textura y características físicas de diferentes tejidos del cuerpo humano, similares al sujeto vivo o cadáver fresco. Este modelo físico presenta a los alumnos la anatomía macroscópica del cuerpo humano, además las relaciones de órganos y sistemas en la profundidad, con un grado de detalle suficiente para relacionar su importancia quirúrgica, junto con ofrecer también una primera aproximación a la enseñanza mediante simulación clínica utilizada en los cursos superiores.

Plataformas web IDS7 y Education portal SECTRA®. Estas plataformas corresponden a la versión web de los recursos instalados en la mesa táctil de disección digital SECTRA® y su pantalla complementaria. El acceso vía web

a IDS7 permite revisar más de 200 casos de anatomía radiológica alojados en una base de datos internacional del proveedor SPECTRA®, mediante diferentes tipos de exámenes diagnósticos digitales, como por ejemplo: TC, RM, ultrasonografía (US), post procesándolas si es necesario para obtener una RMP o volúmenes de estructuras anatómicas en 3D. La página web Education portal SPECTRA® ha evolucionado con los años y sobre todo durante la crisis por pandemia para transformarse en un repositorio digital interactivo de casos clínicos e imágenes anatómicas desarrolladas y curadas por centros formadores universitarios de gran prestigio. Esta colección pudo ser accedida a cualquier hora del día desde un computador personal, lo cual permitió a los estudiantes reforzar su estudio fuera de las horas formales de trabajo en el laboratorio de la asignatura.

Plataformas web Elearn Moodle® y Zoom®. Se implementaron institucionalmente desde inicio del año 2020 con motivo del progresivo encierro y limitación de entrada al campus debido al avance de la pandemia por Covid-19. Estas herramientas de apoyo para la docencia basadas en el acceso vía internet, por medio de un usuario y clave personal para cada estudiante o profesor permitieron subir o presentar los recursos didácticos en formato digital y aplicar estrategias de enseñanza mediante la web, para migrar cuando fue necesario desde un proceso de enseñanza presencial a uno web o en línea totalmente a distancia.

Recursos tradicionales

Colección de huesos humanos. Durante el semestre previo al inicio de clases de la primera cohorte de estudiantes, mediante el apoyo del departamento jurídico de la UTA y conforme a la legislación vigente en Chile, se logró un convenio de cooperación con el Cementerio Municipal de Arica, a través del cual se concretó la donación de 15 cuerpos humanos en estado de osamentas, los cuales posteriormente fueron preparados por el técnico de nuestro laboratorio para ocuparlos en la enseñanza durante los pasos prácticos y también en el estudio personal de los alumnos, durante su tiempo de dedicación no presencial reservado a la asignatura.

Libros y guías de laboratorio. Para complementar el estudio de los temas presentados en las clases se utilizaron textos tipo tratado de anatomía humana con orientación clínica, atlas de ilustraciones anatómicas y atlas fotográfico de anatomía cadavérica, en un número suficiente para cubrir las necesidades de literatura actualizada. Además se confeccionó una serie de guías de laboratorio de anatomía con ejercicios propuestos mediante el rotulado de estructuras anatómicas y una pauta de prospección de los recursos físicos y digitales disponibles en nuestro laboratorio.

Profesorado y ayudantes. La asignatura se implementó mediante la colaboración articulada de la enseñanza, entre docentes de ciencias básicas y especialistas clínicos, con el fin de orientar los contenidos hacia su utilidad integrada en los cursos superiores de la Carrera de Medicina. Además se seleccionaron alumnos ayudantes para servir de apoyo docente en las actividades prácticas de laboratorio, así como en la preparación de las estaciones de trabajo, mesas de prospección y generación de nuevo material para la enseñanza de la anatomía.

Base de datos y aspectos éticos. Se dispuso de los archivos locales almacenados en formato Excel conteniendo las notas logradas en la asignatura por cada una de las cohortes de los años analizados, ocupando exclusivamente los datos numéricos sobre calificaciones finales para su posterior tabulación, manteniendo a la vez la confidencialidad y el anonimato necesario. Considerando una consulta previa realizada al Comité ético y científico (CEC) de la UTA y su respuesta en la carta CEC N° 48/2022, no se requirió de la autorización de ese comité para este trabajo, al ser un estudio sobre una base de datos local, sin exponer información sensible ni tener interacción directa con humanos. Este trabajo respeta los principios expresados en la Declaración de Helsinki.

Método

Modelo educativo. El modelo educativo de la Carrera de Medicina se encuentra alineado con el modelo educativo institucional de la UTA, donde el proceso enseñanza-aprendizaje está centrado en el estudiante, el profesor actúa como guía en la construcción del conocimiento y aprendizaje profundo, apoyándose en modernas estrategias didácticas en conjunto con las nuevas “tecnologías de la información y comunicación” (TIC).

Didáctica. Con respecto a las estrategias para el proceso enseñanza-aprendizaje, además de las clases expositivas interactivas se incluyeron a: la clase invertida (flipped classroom en el medio anglosajón), sesiones de “aprendizaje basado en problemas” (ABP), lectura dirigida de artículos científicos (sobre aplicación clínica de los conocimientos anatómicos), resolución de guías de laboratorio como estudio previo a las actividades prácticas, tareas de disección digital ocupando la mesa SPECTRA® en paralelo con su pantalla complementaria y también prospección de los modelos anatómicos 3D disponibles, ya sean sintéticos o los preparados anatómicos reales de la colección de huesos humanos de nuestro laboratorio (Fig. 1).

Estadística. Los rendimientos en cuanto a calificaciones parciales fueron ingresados a la plataforma intranet de

nuestra Universidad, donde automáticamente se procesaron las notas finales al aplicar una matriz de cálculo informático, mediante las ponderaciones porcentuales pre-programadas de cada evaluación y concordantes con el programa de la asignatura. Las notas finales de cada cohorte fueron exportadas automáticamente hacia una planilla Microsoft® Excel, conformando así la base de datos local, para luego durante este trabajo procesarlas estadísticamente mediante el programa PASW Statistics 18 de SPSS Inc®. Con ello se realizó el estudio mediante estadística descriptiva, ANOVA y correlación de las notas finales para las 7 cohortes.



Fig. 1. Sesión práctica en el Laboratorio de Anatomía de la Facultad de Medicina UTA. Se observa la integración didáctica y uso de nuevos recursos digitales 3D junto a las preparaciones cadavéricas tradicionales.

RESULTADOS

A continuación en las Tablas I y II se presentan los rendimientos históricos y estadística descriptiva de las calificaciones finales en la asignatura anatomía lograda por

las 7 primeras cohortes de estudiantes de Medicina de nuestra Facultad. Para caracterizar la muestra final se consideró el número mayor de matriculados de cada cohorte (año). En nuestra Carrera de Medicina las notas se califican desde 1.0 a 7.0 considerando 4.0 como nota final mínima para aprobar la asignatura. Además en la Tabla 1 para cada serie semestral se entrega el porcentaje de aprobación final.

2016 (Primera Cohorte): En la cohorte inaugural de 2016, los promedios finales semestrales fueron 5,51 en el primer semestre y 5,59 en el segundo, mostrando un leve incremento hacia el final del año. La desviación estándar permaneció estable (0,60 en el primer semestre y 0,59 en el segundo), lo que indica una consistencia en el desempeño del grupo. El porcentaje de reprobación fue de 3,34 % en el primer semestre y disminuyó a 0,00 % en el segundo semestre, reflejando un progreso notable hacia el cierre del año. En cuanto al componente laboratorio, los promedios fueron 5,58 en el primer semestre y 5,55 en el segundo, con una desviación estándar menor que la del promedio general, reflejando homogeneidad en el aprendizaje práctico. La cohorte estuvo compuesta por 30 estudiantes, de los cuales la mayoría alcanzó calificaciones aprobatorias, con un rendimiento promedio equivalente al 79,29 % anual.

2017 (Segunda Cohorte): Los resultados de 2017 evidenciaron una ligera disminución en el promedio final anual, que fue de 5,32 (76,00 %). Los promedios semestrales fueron 5,12 en el primer semestre y 5,52 en el segundo. La reprobación fue de 0,00 % en el primer semestre y 2,63 % en el segundo, mostrando un aumento hacia el final del año. En las calificaciones del componente laboratorio, los

Tabla I. Resumen de calificaciones por cohorte, semestre y componente laboratorio (2016-2022).

Cohorte (Año)	Semestre	n (Estudiantes)	Promedio Final (T+ P)	Desv. Est.	Nota Máx.	Nota Mín.	% Aprobación	Promedio Lab.	Desv. Est. Lab.	Máx. Lab.	Mín. Lab.
2016	1°	30	5,51	0,60	6,4	3,9	96,66	5,58	0,47	6,4	4,7
	2°	29	5,59	0,59	6,4	4,3	100,00	5,55	0,49	6,4	4,4
2017	1°	38	5,12	0,37	5,7	4,0	100,00	5,01	0,45	5,8	3,8
	2°	38	5,52	0,49	6,4	3,9	97,37	5,26	0,38	6,0	4,2
2018	1°	37	5,10	0,91	6,3	1,1	94,59	5,18	0,88	6,4	1,4
	2°	35	5,37	0,71	6,4	3,6	100,00	5,42	0,59	6,3	4,1
2019	1°	30	5,30	0,90	6,0	1,0	96,67	4,83	0,46	5,0	3,8
	2°	29	6,07	0,33	6,6	5,4	100,00	5,89	0,45	6,9	5,0
2020	1°	35	6,12	0,48	6,7	4,0	100,00	6,46	0,25	6,8	5,4
	2°	37	5,86	0,47	6,5	4,0	100,00	6,27	0,36	6,8	5,3
2021	1°	33	6,26	0,65	6,9	4,7	100,00	6,60	0,42	7,0	5,5
	2°	32	6,17	0,64	6,9	3,4	96,88	6,38	0,35	6,8	5,5
2022	1°	33	5,48	0,38	6,2	4,5	100,00	5,43	0,34	6,1	4,8
	2°	34	6,11	0,36	6,7	5,3	100,00	5,96	0,34	6,5	5,3

Notas: n (Estudiantes): Representa el número de estudiantes inscritos en cada cohorte y semestre. Promedio Final T+P (Teórico + Práctico): Incluye el rendimiento total ponderado de cada semestre. Promedio Lab.: Promedio específico para las actividades prácticas de laboratorio, con recursos digitales y 3D. % Aprobación: Calculado sobre el total de estudiantes inscritos el respectivo semestre.

Tabla II. Promedios finales anuales de cada cohorte con calificaciones en escala 1-7 y sus equivalencias en porcentaje (2016-2022).

Cohorte (Año)	Promedio Final	% Promedio Final	Promedio Lab.	% Promedio Lab.	Desv. Est. (Final)	n (Estudiantes)
2016	5,55	79,29	5,57	79,57	0,60	30
2017	5,32	76,00	5,14	73,43	0,43	38
2018	5,24	74,86	5,30	75,71	0,82	37
2019	5,69	81,21	5,36	76,57	0,68	30
2020	5,99	85,57	6,67	91,00	0,47	37
2021	6,22	88,86	6,49	92,71	0,65	33
2022	5,80	82,88	5,70	81,43	0,37	34

Notas: Promedio Final: Nota promedio anual considerando teoría y práctica. % Promedio Final: Equivalencia del promedio final en porcentaje (con nota 7.0 = 100 %). Promedio Lab.: Nota promedio anual en las actividades de laboratorio. % Promedio Lab.: Equivalencia del promedio de laboratorio en porcentaje. Desv. Est. (Final): Desviación estándar combinada considerando ambos semestres. n (Estudiantes): Número de estudiantes inscritos por cohorte anual.

promedios fueron de 5,01 en el primer semestre y 5,26 en el segundo, con un promedio anual de 5,14 (73,43 %). Aunque las calificaciones fueron más bajas que las de 2016, la desviación estándar disminuyó (0,43), lo que sugiere menor variabilidad en el rendimiento individual. La cohorte estuvo compuesta por 38 estudiantes.

2018 (Tercera Cohorte): El año 2018 presentó un leve descenso en los promedios finales, con un promedio anual de 5,24 (74,86 %). Los promedios semestrales fueron 5,10 en el primer semestre y 5,37 en el segundo. La reprobación fue 5,41 % en el primer semestre y 0,00 % en el segundo. En las notas de laboratorio, los promedios fueron de 5,18 y 5,42 en los respectivos semestres, con un promedio anual de 5,30 (75,71 %). La desviación estándar permaneció relativamente alta (0,82), indicando diversidad en los resultados de los estudiantes. La cohorte contó con 37 estudiantes.

2019 (Cuarta Cohorte): En contraste con los años anteriores, en 2019 se observó una mejora notable en los promedios finales y de laboratorio. Los promedios semestrales fueron 5,30 en el primer semestre y 6,07 en el segundo, alcanzando un promedio anual de 5,69 (81,21 %). La reprobación fue de 3,33 % en el primer semestre y disminuyó a 0,00 % en el segundo. Los promedios de laboratorio reflejaron una mejora conforme avanzó el año (4,83 en el primer semestre y 5,69 en el segundo). La desviación estándar disminuyó a 0,68, lo que refleja una menor dispersión en las calificaciones con respecto al año previo. Esta cohorte incluyó a 30 estudiantes.

2020 (Quinta Cohorte): La cohorte de 2020 continuó con el alza de los rendimientos, con un promedio final anual de 5,99 (85,57 %). Los promedios semestrales fueron 6,12 en el primer semestre y 5,86 en el segundo. La reprobación fue de 0,00 % en ambos semestres, un logro significativo en términos de aprendizaje uniforme. En laboratorio, los promedios semestrales fueron de 6,46 y 6,27, con un

promedio anual de 6,67 (91,00 %). La desviación estándar continuó en descenso (0,47), señalando una uniformidad en los resultados. Esta cohorte estuvo formada por 37 estudiantes.

2021 (Sexta Cohorte): En 2021, los promedios alcanzaron un nivel máximo histórico, con 6,22 (88,86 %) en el promedio final anual. Los promedios semestrales fueron 6,26 en el primer semestre y 6,17 en el segundo. La reprobación se mantuvo en 0,00 % durante el primer semestre y 3,12 en el segundo semestre, lo que refleja una excelencia sostenida. En laboratorio, los promedios fueron 6,60 y 6,38, con un promedio anual de 6,49 (92,71 %). La desviación estándar fue la más alta registrada (0,65), indicando un desempeño diverso entre los 33 estudiantes de esta cohorte.

2022 (Séptima Cohorte): La cohorte de 2022 mantuvo un rendimiento alto, aunque con una ligera disminución en comparación con 2021. El promedio final fue 5,80 (82,88 %), con promedios semestrales de 5,48 y 6,11. La reprobación fue de 0,00 % en el primer semestre y segundo semestre, lo que marca una estabilidad de los buenos rendimientos. En el componente laboratorio, los promedios semestrales fueron de 5,46 y 5,96, alcanzando un promedio anual de 5,70 (81,43 %). La desviación estándar fue la más baja (0,37). Esta cohorte estuvo compuesta por 34 estudiantes.

ANOVA. El análisis de la varianza (ANOVA) realizado sobre las calificaciones de 2016 a 2022 reveló una diferencia estadísticamente significativa en las calificaciones medias de los distintos años. El estadístico F obtenido fue de 24,7474, y el valor p asociado fue $< 0,0001$. Estos resultados indican que es muy poco probable que las diferencias en las calificaciones entre años se hayan producido por azar.

Interpretación del estadístico F y del valor p: El estadístico F mide la relación entre la varianza entre las medias de los grupos (calificaciones entre años) y la varianza dentro de

los grupos (calificaciones dentro de cada año). Un estadístico F más alto indica que las diferencias entre las medias de los grupos son mayores que la variabilidad dentro de los grupos. En este caso, el estadístico F de 24,7474 es bastante grande, lo que indica diferencias sustanciales entre las distribuciones anuales de las calificaciones.

El valor p cuantifica la probabilidad de observar un estadístico F tan extremo bajo la hipótesis nula, que supone que todos los años tienen la misma nota media. Un valor p inferior a 0,05 (en este caso, $< 0,0001$) nos lleva a rechazar la hipótesis nula, confirmando que existen diferencias significativas en los rendimientos a lo largo de los años.

En la Figura 2 se ilustra la distribución de las calificaciones para cada año desde 2016 hasta 2022.

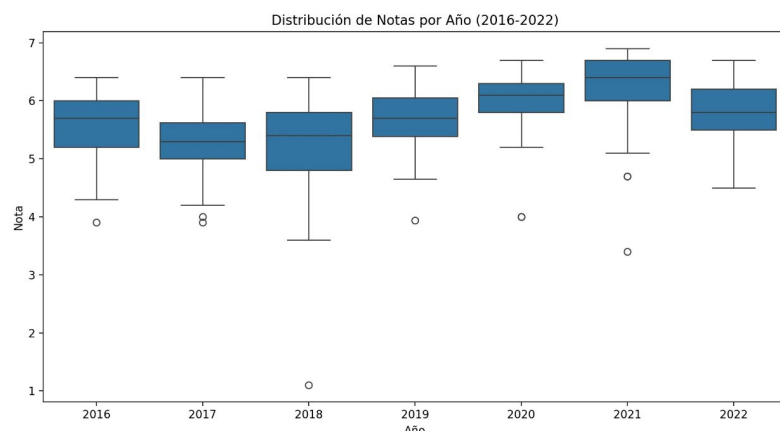


Fig. 2. Análisis ANOVA de las cohortes 2016 a 2022.

A partir del gráfico (Fig. 2) y de las estadísticas resumidas, podemos observar las siguientes tendencias.

2016: La nota media fue de 5,69, con una variabilidad relativamente baja.

2017 y 2018: Estos años tuvieron calificaciones medias más bajas (5,32 y 5,24, respectivamente) en comparación con 2016, siendo 2018 el año con mayor variabilidad en las calificaciones.

2019: Se observa un notable aumento de la nota media (5,69), lo que sugiere una mejora respecto a los dos años anteriores.

2020 y 2021: Estos años muestran las notas medias más altas (5,99 y 6,22 respectivamente), lo que indica una tendencia significativa al alza en el rendimiento.

2022: Se observa un ligero descenso de la nota media (5,80) en comparación con 2021, pero sigue siendo superior a la de los años anteriores.

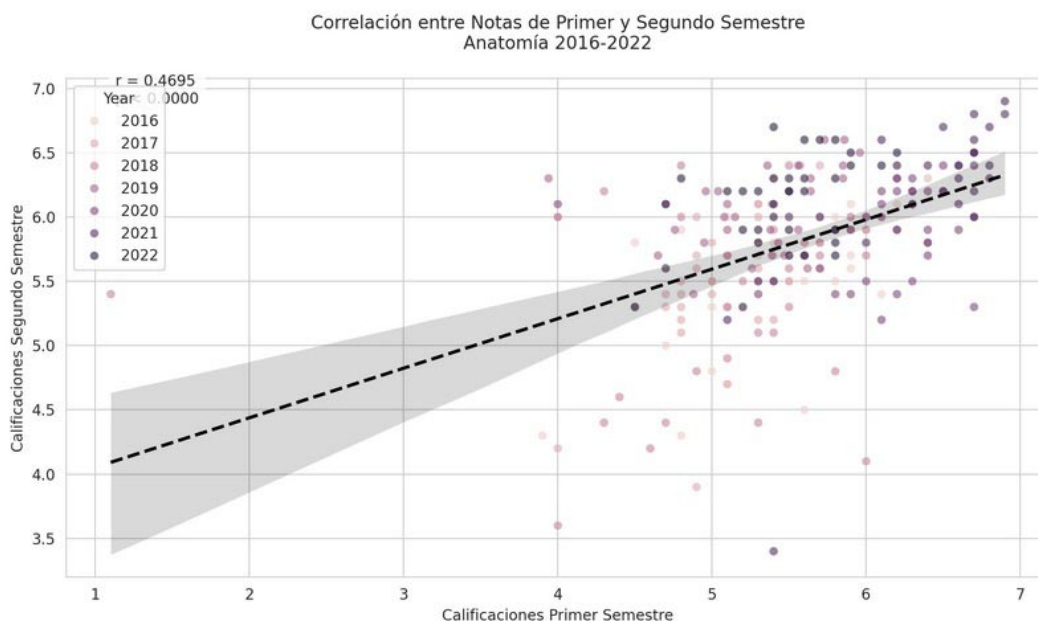


Fig. 3. Diagrama de dispersión que analiza la correlación entre las calificaciones del primer y segundo semestre en la asignatura de Anatomía durante los años 2016 a 2022.

Los resultados del ANOVA confirman que existen diferencias significativas en las calificaciones a lo largo de los años, produciéndose las mejoras más notables en 2020 y 2021. Estas diferencias podrían atribuirse a cambios en los métodos de enseñanza, el plan de estudios u otros factores externos durante estos años.

Análisis de Correlación General (2016-2022)

En la Figura 3 se muestra el análisis de correlación de Pearson entre las calificaciones del primer y segundo semestre de Anatomía durante el período 2016-2022 el cual reveló un coeficiente de correlación de $r = 0,4695$ ($p < 0,0001$). Este valor indica una correlación positiva moderada, estadísticamente significativa, entre ambos semestres. La significancia estadística ($p < 0,0001$) sugiere que esta correlación no es producto del azar, sino que representa una tendencia real en el rendimiento académico de los estudiantes. El diagrama de dispersión (Fig. 3) muestra la relación entre las calificaciones del primer semestre (eje X) y segundo semestre (eje Y) de la asignatura Anatomía. La línea de regresión punteada (negra) representa la tendencia general de la relación entre ambas variables. La dispersión de los puntos, diferenciados por colores según el año académico, revela varios aspectos importantes.

La tendencia positiva de la línea de regresión confirma que, en general, los estudiantes que obtienen calificaciones más altas en el primer semestre tienden a mantener un rendimiento similar en el segundo semestre.

La dispersión de los puntos alrededor de la línea de regresión sugiere una variabilidad considerable en el rendimiento individual, lo que indica que la relación, aunque positiva, presenta una moderada heterogeneidad.

Análisis de la Evolución Temporal de la Correlación

En la Figura 4, el gráfico de evolución temporal de la correlación por año académico revela patrones interesantes en la fuerza de la asociación entre ambos semestres:

El período 2016-2017 mostró las correlaciones más robustas ($r \approx 0,66$ y $0,57$ respectivamente), indicando una mayor consistencia en el rendimiento académico durante estos años.

Se observa una notable disminución en la correlación durante 2018-2019, con valores que oscilan alrededor de $r \approx 0,17$ - $0,37$, sugiriendo una menor predictibilidad del rendimiento entre semestres durante este período, considerando $r \approx 0,18$ el año 2020.

Los años 2021-2022 muestran una recuperación en la fuerza de la correlación ($r \approx 0,58$ y $0,49$ respectivamente), aproximándose a los niveles observados en 2016-2017.

Esta variabilidad temporal en la fuerza de la correlación podría atribuirse a diversos factores, incluyendo cambios en las metodologías de enseñanza, modificaciones en los sistemas de evaluación, o factores externos que pudieran haber influido en el proceso de enseñanza-aprendizaje durante estos períodos.

La significancia estadística consistente ($p < 0,05$) en la mayoría de los años analizados, con excepción de 2018 y 2020, respalda la robustez de estas observaciones y sugiere que la relación entre el rendimiento académico de ambos semestres es un fenómeno persistente, aunque de intensidad variable, en la asignatura de Anatomía.

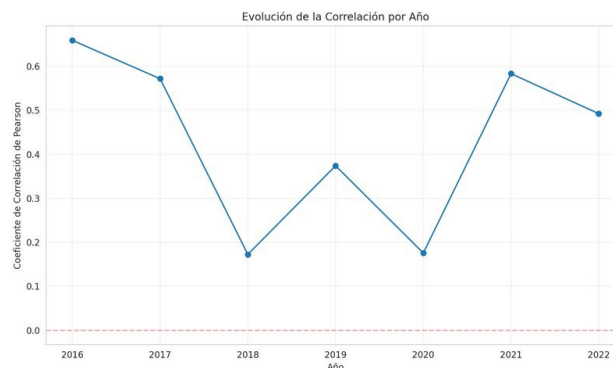


Fig. 4. Evolución de la correlación por año.

DISCUSIÓN

Nuestra investigación demuestra que la implementación de un curso de anatomía con orientación clínica, basado en tecnologías digitales y recursos tridimensionales, ha generado un impacto positivo y sostenido en el rendimiento académico de estudiantes de medicina durante siete años. Este estudio es pionero en nuestra región al documentar de manera longitudinal cómo la integración de herramientas digitales en el currículo anatómico no solo mejora las calificaciones promedio de laboratorio y las notas finales de la asignatura Anatomía, sino que también fortalece las competencias prácticas y teóricas de los estudiantes (Peterson & Młynarczyk, 2016). Las cohortes de 2021 y 2020 son particularmente destacadas, con promedios finales de 6,22 y 5,99, respectivamente, lo que refleja la eficacia y sostenibilidad del enfoque pedagógico implementado.

El presente trabajo es innovador en el contexto chileno, al evaluar cómo un enfoque combinado de métodos tradicionales y contemporáneos digitales en la enseñanza

de la anatomía puede mejorar significativamente el aprendizaje (Xiao & Adnan, 2022). La inclusión de modelos 3D interactivos y simulaciones virtuales como herramientas complementarias a las sesiones de laboratorio tradicionales representa una innovación que trasciende los métodos convencionales. Estos recursos permiten a los estudiantes visualizar estructuras anatómicas complejas con mayor precisión, favoreciendo una comprensión más profunda y significativa de los conceptos fundamentales (Erolin, 2019).

Una posible explicación de los resultados observados radica en el acceso mejorado a recursos educativos que enriquecen visualmente el aprendizaje, facilitando la comprensión de conceptos anatómicos complejos y promoviendo su aplicación práctica. Por ejemplo, los modelos 3D y las simulaciones virtuales ofrecen representaciones detalladas y dinámicas de las estructuras anatómicas, lo que mejora la retención del conocimiento y la capacidad de aplicarlo en contextos clínicos (Keenan & Awadh, 2019). Además, la posibilidad de practicar en un entorno controlado reduce la ansiedad y aumenta la confianza de los estudiantes durante las evaluaciones prácticas (Yu *et al.*, 2021).

Nuestros hallazgos son consistentes con investigaciones previas que han demostrado la eficacia de las tecnologías digitales en la educación médica (Zhao *et al.*, 2020). Estudios en contextos internacionales han reportado que el uso de herramientas digitales no solo mejora las evaluaciones teóricas y prácticas, sino que también fomenta una comprensión más robusta de la anatomía funcional y espacial (Pujol *et al.*, 2016). Este trabajo refuerza la idea de que un enfoque pedagógico integrado, que combine métodos tradicionales y tecnológicos, es esencial para optimizar el aprendizaje anatómico y preparar mejor a los estudiantes para los desafíos de la práctica médica moderna (Hecht-López *et al.*, 2023b).

No obstante los logros alcanzados, es importante considerar las limitaciones de este estudio. La variabilidad en el tamaño de las cohortes y las condiciones específicas de una institución educativa única podrían influir en la generalización de los resultados. Además, factores como la experiencia previa de los estudiantes con tecnologías digitales y el nivel académico inicial no fueron considerados en el análisis, lo que podría haber proporcionado una comprensión más completa de los factores que contribuyen al éxito académico (Attardi *et al.*, 2018).

Los resultados obtenidos subrayan la necesidad de seguir explorando cómo estas herramientas pueden integrarse de manera más efectiva en el currículo médico (Guimarães *et al.*, 2017). Futuros estudios deberían investigar no solo

su impacto en el aprendizaje a largo plazo, sino también su utilidad en la formación continua de los profesionales de la salud. La evaluación de su efectividad en diferentes contextos culturales y educativos también sería valiosa para validar su aplicabilidad global.

Por último, nuestra investigación proporciona evidencia sólida de que la implementación de un curso de anatomía con nuevos recursos digitales y tecnologías 3D no solo mejora el rendimiento académico, sino que también contribuye al desarrollo de habilidades prácticas y teóricas esenciales para la práctica médica. Estos hallazgos destacan la importancia de modernizar los currículos educativos para preparar a los futuros médicos en un mundo en constante evolución tecnológica (Yammine & Violato, 2015, 2016).

CONCLUSIONES

Este estudio ha demostrado que la implementación de un curso de anatomía con orientación clínica, utilizando recursos digitales avanzados y tecnologías tridimensionales, ha tenido un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes de medicina a lo largo de siete años. Las cohortes de 2021 y 2020 se destacaron por sus altos promedios finales, alcanzando 6,22 y 5,99 respectivamente, lo que sugiere una mejora notable en la comprensión y aplicación de los conocimientos anatómicos. Estos resultados, expresados también en porcentajes de aprobación superiores al 85 %, reflejan el alto nivel de compromiso y competencia alcanzado por los estudiantes.

La importancia de estos hallazgos radica en que representan la primera evaluación exhaustiva de la integración de tecnologías digitales avanzadas en la enseñanza de anatomía para la carrera de medicina, en el contexto educativo del extremo norte chileno. Esto es particularmente relevante para considerar en instituciones que buscan modernizar sus currículos y mejorar la calidad de la formación médica. La capacidad de los estudiantes para alcanzar altos niveles de rendimiento en un entorno de aprendizaje híbrido sugiere que esta estrategia pedagógica puede ser efectiva en otros contextos educativos y culturales.

A pesar de la novedad e importancia de estos hallazgos, el estudio presenta limitaciones que deben considerarse. La variabilidad en el tamaño de las cohortes y la dependencia de un único centro educativo podrían limitar la generalización de los resultados. Sin embargo, estos hallazgos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones destinadas a explorar cómo estas tecnologías influyen en el aprendizaje a largo plazo y en la práctica clínica.

Se recomienda continuar investigando cómo estas innovaciones tecnológicas pueden integrarse de manera más efectiva en la formación médica y explorar su impacto en otras disciplinas. Además, sería valioso evaluar su eficacia en diferentes contextos culturales y educativos, así como en la formación continua de profesionales de la salud.

HECHT-LÓPEZ, P. & PARRA-VILLEGAS, E. Implementation of a clinical anatomy course using new digital and 3D resources through a blended approach, results following 7 years of teaching experience in a new medical career in Chile. *Int. J. Morphol.*, 43(3):829-837, 2024.

SUMMARY: In 2015, new technological resources were acquired for the Anatomy Laboratory of the recently established School of Medicine of the University of Tarapacá, after systematically reviewing innovative teaching materials. In parallel, teachers were trained to use this technology through a student-centered teaching-learning process. A SECTRA® digital dissection touch table and its complementary workstation (both connected via internet to the IDS7® portal), a Syndaver® synthetic cadaver that reproduces the physical and spatial characteristics of human macroscopic anatomy, a set of high fidelity Erler-Zimmer® 3D printed anatomical segments that reproduce small details of human cadaveric anatomy, and a collection of human bones prepared by our laboratory were used to provide traditional resources of the discipline. The teaching-learning process was through participatory activities such as: inverted class, problem-based learning, directed reading of scientific articles, digital dissection and review of digital topographic anatomy, prospection of synthetic and 3D printed anatomical models, review of radiological anatomy and a digitized cadaver using the VH Dissector® program installed on the SECTRA® table to orient the reviewed content towards its clinical utility. The final grade point averages were 5.55 in 2016, 5.32 in 2017, 5.24 in 2018, 5.69 in 2019, 5.99 in 2020, 6.22 in 2021 and 5.80 in 2022 on a scale of 1.0 to 7.0 equivalent to 79.29 %, 76.00 %, 74.86 %, 81.21 %, 85.57 %, 88.86 % and 82.86 %, respectively. Failure of the subject was 3.33 % in 2016 and then 2.63 %, 5.40 %, 3.33 %, 2.70 %, 0.00 % and 0.00 % successively. The teaching of anatomy through a combined approach, using new technological and didactic resources focused on the student, allows optimizing the student's performance, achieving a good final performance and with low failure rates of the subject.

KEY WORDS: Teaching; 3D anatomy; Digital dissection; Blended approach; Learning.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Attardi, S.; Barbeau, M. & Rogers, K. Improving online interactions: lessons from an online anatomy course with a laboratory for undergraduate students. *Anat. Sci. Educ.*, 11(6):592-604, 2018.
- Erolin, C. Interactive 3D digital models for anatomy and medical education. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 1138:1-16, 2019.
- Guimarães, B.; Dourado, L.; Tsisar, S.; Diniz, J.; Madeira, M. & Ferreira, M. Rethinking anatomy: how to overcome challenges of medical education's evolution. *Acta Med. Port.*, 30(2):134-40, 2017.

- Hecht-López, P.; Maturana-Arancibia, J. C. & Parra-Villegas, E. New digital and 3D resources in the teaching of anatomy. International experience reported in the "Sectra Users Meeting 2019", Karolinska Institutet, Sweden, before the pandemic COVID-19. *Int. J. Morphol.*, 41(3):690-8, 2023a.
- Hecht-López, P.; Maturana-Arancibia, J. C. & Parra-Villegas, E. New technological resources for anatomy teaching during the COVID-19 Pandemic crisis. From b-learn to e-learn at a new medical school, in Chile. *Int. J. Morphol.*, 41(5):1467-73, 2023b.
- Keenan, I. & Awadh, A. Integrating 3D Visualisation Technologies in Undergraduate Anatomy Education. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 1120:39-53, 2019.
- Peterson, D. C. & Mlynarczyk, G. S. A. Analysis of traditional versus three-dimensional augmented curriculum on anatomical learning outcome measures. *Anat. Sci. Educ.*, 9(6):529-36, 2016.
- Pujol, S.; Baldwin, M.; Nassiri, J.; Kikinis, R. & Shaffer, K. Using 3D modeling techniques to enhance teaching of difficult anatomical concepts. *Acad. Radiol.*, 23(4):507-16, 2016.
- Unidad Técnica Arica y Parinacota. *Síntesis de Resultados Censo 2017. Región de Arica y Parinacota*. Arica, Dirección Regional de Estadísticas de Arica y Parinacota, Instituto Nacional de Estadísticas, 2019. Disponible en: https://regiones.inec.cl/documentos/default-source/region-xv/banco-de-datos-r15/enfoques/sintesis-censo-2017/sintesis-resultados-censo2017_aricayparinacota.pdf?sfvrsn=7571ad12_6
- Xiao, J. & Adnan, S. Flipped anatomy classroom integrating multimodal digital resources shows positive influence upon students' experience and learning performance. *Anat. Sci. Educ.*, 15(6):1086-102, 2022.
- Yammine, K. & Violato, C. A meta-analysis of the educational effectiveness of three-dimensional visualization technologies in teaching anatomy. *Anat. Sci. Educ.*, 8(6):525-38, 2015.
- Yammine, K. & Violato, C. The effectiveness of physical models in teaching anatomy: a meta-analysis of comparative studies. *Adv. Health Sci. Educ. Theory Pract.*, 21(4):883-95, 2016.
- Yu, J.; Chang, H.; Kim, S.; Park, J.; Chung, W.; Lee, S.; Kim, M.; Lee, J. & Jung, Y. Effects of high-fidelity simulation education on medical students' anxiety and confidence. *PLoS One*, 16(5):e0251078, 2021.
- Zhao, J.; Xu, X.; Jiang, H. & Ding, Y. The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: a meta-analysis of randomized controlled studies. *BMC Med. Educ.*, 20(1):127, 2020.

Autor de correspondencia:
Pedro Hecht López
Académico - Laboratorio de Anatomía
Facultad de Medicina
Universidad de Tarapacá
Avenida Senador Luis Valente Rossi
Arica
CHILE

E-mail: phecht@uta.cl