



ORIGINAL

Tendencia en la retención de conocimientos de ciencias básicas en una prueba de progreso entre estudiantes de Medicina



Franco Romani-Romani*, César Gutiérrez y John Azurin-Salazar

Facultad de Medicina Humana, Universidad de Piura, Lima, Perú

Recibido el 18 de abril de 2023; aceptado el 19 de mayo de 2023

Disponible en Internet el 23 de junio de 2023

PALABRAS CLAVE

Estudiantes de Medicina;
Pruebas de Memoria y Aprendizaje;
Aprendizaje;
Educación de Pregrado en Medicina;
Perú

Resumen

Introducción: las pruebas de progreso son evaluaciones versátiles y con diversas aplicaciones. Nuestro objetivo fue evaluar la tendencia en la proporción del número de preguntas de ciencias básicas correctamente respondidas en una prueba de progreso.

Métodos: realizamos un estudio transversal con datos generados en una prueba de progreso aplicada en el 2022 en una universidad de Perú. Esta evaluación tuvo 250 preguntas cerradas de opción múltiple, seleccionamos 45 (preguntas trazadoras) sobre cursos de ciencias básicas y aseguramos su aplicación para los estudiantes de todos los años de estudio. Comparamos la mediana de la proporción de respuestas correctas entre los años de estudio con la prueba de Kruskal-Wallis (H) y realizamos una regresión lineal múltiple considerando como variable respuesta la proporción de respuestas correctas.

Resultados: analizamos los datos de 281 estudiantes. Se encontraron diferencias en las medianas de la proporción de respuestas correctas de cursos de ciencias básicas según los años de estudio ($H = 29,6$; $p < 0,001$). En el análisis *pos-hoc*, los estudiantes de segundo año tuvieron una menor proporción de respuestas correctas comparados con los de tercero ($W = 4,250$; $p = 0,022$), cuarto ($W = 5,805$; $p < 0,001$), quinto ($W = 6,116$; $p < 0,001$) y sexto ($W = 3,889$; $p = 0,047$). El año de estudio fue un predictor significativo del porcentaje de respuestas correctas en las preguntas trazadoras, independientemente del sexo y el promedio ponderado.

Conclusión: entre los estudiantes del segundo al sexto año encontramos un incremento en la retención de conocimiento en ciencias básicas.

© 2023 The Author(s). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: franco.romani@udep.edu.pe (F. Romani-Romani).

KEYWORDS

Medical Students;
Memory and Learning
Tests;
Learning;
Undergraduate Medical
Education;
Peru

Trend in retention of basic science knowledge in a progress test among medical students**Abstract**

Introduction: Progress tests are versatile assessments with several applications. Our aim was to assess the trend in the proportion of basic science questions answered correctly on a progress test.

Methods: We performed a cross-sectional study with data generated in a progress test applied in 2022 at a university in Peru. This exam had 250 multiple-choice closed questions, we selected 45 (tracing questions) on basic science courses and ensured their application for students of all years of study. We compared the median of the proportion of correct answers between years of study with the Kruskal-Wallis (H) test and performed a multiple linear regression considering the proportion of correct answers as the dependent variable.

Results: We analyzed data from 281 students. The medians of the proportion of correct answers in basic science courses were different according to years of study ($H = 29.6$, $p < 0.001$). In the post-hoc analysis, the second-year students had a lower proportion of correct answers compared to those in third ($W = 4.250$, $p = 0.022$), fourth ($W = 5.805$, $p < 0.001$), fifth ($W = 6.116$, $p < 0.001$) and sixth ($W = 3.889$, $p = 0.047$). The year of study was a significant predictor of the percentage of correct answers in the tracer questions, regardless of gender and the weighted average.

Conclusion: Among the students from the second to the sixth year we found an increase in the retention of knowledge in basic sciences.

© 2023 The Author(s). Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La evaluación es fundamental en el proceso educativo y formativo del médico, y por sí misma, es una estrategia de estudio asociada a mejoras en el aprendizaje¹ y la retención a largo plazo². En la formación médica, una de las modalidades de evaluación es la prueba de progreso (cuyas siglas [PT] son derivadas del inglés *progress testing*), la cual permite la evaluación longitudinal y periódica de los conocimientos retenidos por los estudiantes^{3,4}. Las PT fueron concebidas como una evaluación final que miden integralmente los logros cognitivos que busca el plan de estudio⁵. Desde la década de 1970 en la Universidad de McMaster³, el uso de este tipo de evaluación fue expandiéndose a escuelas de medicina de diversas partes del mundo^{6,7}.

Desde 1910, Abraham Flexner resaltó el valor del estudio de las ciencias básicas en la educación médica⁸. El rol de estas disciplinas se sustenta en que apoyan las habilidades de razonamiento clínico, brindan soporte al análisis crítico de las intervenciones médicas y al análisis de los procesos para mejorar el cuidado de la salud⁹. A nivel mundial, en los planes de estudios tradicionales es usual que los 2 primeros años aborden las ciencias básicas, para luego progresar a las ciencias clínicas⁸. A partir de dicha etapa, la integración vertical, definida como la integración de las ciencias básicas a los cursos clínicos, tiene lugar y refuerza el entendimiento de los mecanismos biológicos subyacentes a los problemas clínicos, lo cual genera un aprendizaje profundo en lugar de uno superficial¹⁰.

A partir del análisis las PT en los estudiantes de Medicina se ha evaluado la retención de conocimientos en ciencias

básicas a lo largo de los años de estudio. Dichos estudios realizados en universidades de Brasil¹¹⁻¹³, Alemania^{14,15} y Australia¹⁶, con planes de estudio y PT diferentes, han reportado que el desempeño en las respuestas correctas en ciencias básicas mejora conforme el estudiante avanza en la carrera universitaria. En el Perú, a nuestro conocimiento no se ha evaluado la progresión en los conocimientos adquiridos en ciencias básicas, ni se conocen qué factores podrían estar asociados a un mejor desempeño en dichas preguntas.

Por lo descrito, el objetivo del estudio fue evaluar la tendencia en la proporción del número de preguntas de ciencias básicas correctamente respondidas en una prueba de progreso implementada en una universidad ubicada en la ciudad de Lima en Perú. Además, determinamos las características asociadas a la proporción de respuestas correctas en ciencias básicas.

Material y métodos**Ámbito y diseño de estudio**

Realizamos un estudio transversal en una muestra de estudiantes de Medicina de una universidad privada ubicada en la ciudad de Lima, capital de Perú. Esta facultad viene implementando, desde sus inicios en el 2017, un tipo de evaluación denominado «Examen Anual de Medicina Basado en Casos Clínicos (EAM)»¹⁷.

El EAM es una evaluación escrita con preguntas cerradas y respuestas de opción múltiple^{4,18,19}. Las preguntas son formuladas a partir de casos clínicos publicados en revistas médicas arbitradas¹⁷. Esta evaluación incluye preguntas de todos los cursos que el estudiante ha llevado, por ejemplo,

un alumno de cuarto año fue evaluado en los cursos llevados desde el primer año.

El presente análisis fue realizado con los datos generados en el EAM del 2022, el cual fue aplicado en una sola fecha (16 de diciembre) a todos los alumnos que voluntariamente desearon tomarlo. El EAM constó de 250 preguntas distribuidas en 3 cuadernillos, cada cuadernillo utilizó 6 casos clínicos.

Sujetos de estudio

La población de estudio fueron 392 estudiantes que ingresaron entre los años 2017 y 2022. En la fecha de aplicación del EAM los ingresantes del 2017 habían culminado el sexto año de estudio ($n = 28$), los ingresantes en 2018 culminaron el quinto año de estudio ($n = 33$), los del 2019 el cuarto año ($n = 64$), los del 2020 el tercer año ($n = 67$), los del 2021 el segundo año ($n = 98$) y los del 2022 el primer año de estudio ($n = 102$). Incluimos a aquellos estudiantes que completaron sus 3 cuadernillos. La estrategia descrita corresponde a un muestreo de carácter censal.

Procedimientos y variables

En el diseño del EAM del 2022, los autores seleccionaron 45 preguntas, estas fueron denominadas preguntas trazadoras. De las 45 preguntas, 20 fueron de cursos de ciencias básicas del primer año: Anatomía humana (6 preguntas), Biología celular y molecular (5), Química médica (4), Embriología (3) y Fisicoquímica (2). Estas preguntas fueron aplicadas a los estudiantes desde el primer al sexto año. Las otras 25 preguntas trazadoras fueron sobre cursos del segundo año: Bioquímica (6 preguntas), Fisiología (5), Parasitología (4), Microbiología (4), Histología (3), Genética (2) y Bioestadística I (una); estas preguntas fueron aplicadas a los estudiantes de segundo a sexto año.

Las preguntas trazadoras fueron revisadas y estandarizadas por los autores siguiendo la estructura de una pregunta de opción múltiple de respuesta única: a) datos del caso clínico, b) la pregunta a ser respondida y c) las 4 opciones de respuesta, entre estas, se presentó una respuesta correcta y 3 distractores²⁰. La revisión por los autores permitió verificar que los distractores fueran opciones plausibles y comparables en longitud con la respuesta correcta.

La proporción de respuestas correctas fue calculada mediante el conteo de respuestas correctas entre el total de preguntas trazadoras, expresado en porcentaje. Esta proporción fue calculada para las preguntas trazadoras del primer año (puntajes posibles de 0 a 20), y para el primer y segundo año (puntajes posibles de 0 a 45). Dichas proporciones permitieron evaluar la retención del conocimiento en ciencias básicas en cada año de estudio.

El puntaje del EAM fue calculado con el número de respuestas correctas entre las 250 preguntas, luego dicho puntaje fue transformado a una escala vigesimal (de 0 a 20). Las preguntas con respuestas incorrectas no restaron puntos, no se incluyó como alternativa «no sé».

El promedio ponderado se obtuvo de las calificaciones de los cursos llevados por el estudiante, considerando el peso del número de créditos del curso (calculado a partir del

número de horas académicas). Otras variables de estudio fueron el sexo y el año de estudio. La información analizada fue recolectada para fines académicos de manera rutinaria y fueron solicitados a la Secretaría Académica de la Facultad de Medicina Humana.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de las variables cuantitativas (promedio ponderado y nota del EAM, ambas en escala vigesimal) y variable cualitativa (sexo) para toda la muestra y según el año de estudio. El análisis de las preguntas trazadoras según el año de estudio fue presentado mediante la mediana y el intervalo intercuartil del porcentaje de respuestas correctas. Este análisis fue realizado para las preguntas trazadoras del primer año, lo que permitió la comparación del primer al sexto año; y las preguntas trazadoras del primer y segundo año, que permitió evaluar la tendencia del segundo al sexto año.

Escogimos a los cursos de ciencias básicas con 4 o más preguntas trazadoras para analizar diferencias en las medianas del porcentaje de respuestas correctas entre los años de estudio. La comparación entre estas medianas fue realizada con la prueba de Kruskal-Wallis (estadístico H), luego realizamos un análisis *pos-hoc* para comparar medianas entre 2 años de estudio con la prueba de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (estadístico W)²¹.

Se realizó un gráfico de dispersión y análisis de correlación lineal de Spearman para evaluar la asociación entre el promedio ponderado con la nota del EAM en escala vigesimal y el número de respuestas correctas a las preguntas trazadoras. Este análisis fue realizado en el subgrupo de estudiantes del segundo al sexto año. La asociación entre el sexo y el porcentaje de respuestas correctas en las preguntas trazadoras fue realizada con la prueba U de Mann-Whitney.

El análisis de regresión lineal múltiple incluyó como variable independiente el año de estudio y como covariables a aquellas con valor de $p < 0,25$ en el análisis bivariado. Verificamos los supuestos que garantizan que las estimaciones de la regresión lineal múltiple sean no sesgadas y eficientes. Para valorar la normalidad aplicamos la prueba de Shapiro-Wilk; para evaluar la independencia de los errores se usó el estadístico de Durbin-Watson, un valor entre 1,5 y 2,5 indicó independencia; la no colinealidad fue valorada con un factor de inflación de la variancia (FIV) $< 2,5$; y la homocedasticidad fue analizada con la prueba de Breusch-Pagan. Consideramos que los coeficientes no estandarizados (β) fueron significativos con un valor de $p < 0,05$. Este análisis fue realizado para el subgrupo de estudiantes del segundo al sexto año, pues estos respondieron a las 45 preguntas trazadoras sobre ciencias básicas.

El análisis estadístico fue realizado en el programa libre Jamovi 2.2.5, los gráficos fueron realizados en GraphPad Prism 9.5.1. La significación estadística fue evaluada con pruebas de hipótesis a 2 colas, se consideró como significativos valores de $p < 0,05$.

Resultados

De 307 estudiantes que dieron el EAM, 8 completaron un cuadernillo y 18 completaron 2; por ello, 281 (91,5%)

Tabla 1 Características de la muestra según año de estudios

Año de estudio (n)	Tamaño de muestra		Mujeres		Promedio ponderado			Examen anual (vigesimal)		
	n	%	n	%	Mediana	P25	P75	Mediana	P25	P75
Primero (102)	61	21,7	36	59,0	13,38	12,86	14,18	9,36	8,40	10,80
Segundo (98)	60	21,4	34	56,7	13,70	12,66	14,50	8,28	7,36	9,52
Tercero (67)	60	21,4	35	58,3	14,43	13,69	15,10	9,32	8,60	10,56
Cuarto (64)	56	19,9	25	44,6	14,49	13,80	15,13	9,76	8,76	10,88
Quinto (33)	32	11,4	14	43,8	14,78	14,09	15,62	10,72	9,96	11,72
Sexto (28)	12	4,3	6	50,0	14,59	14,37	15,62	11,00	9,72	12,32
Total	281	100	150	53,4	14,20	13,39	15,00	9,52	8,40	10,80

P25: percentil 25; P75: percentil 75.

ingresaron al análisis. De estos, 150 (53,4%) fueron mujeres y 181 (64,4%) eran del primer al tercer año de la carrera. No se encontró diferencias significativas en la proporción de mujeres según el año de estudio ($\chi^2 = 4,596$; $p = 0,467$); sin embargo, sí se observó diferencias significativas entre las medianas del promedio ponderado ($H = 49,084$; $p < 0,001$) y del EAM ($H = 41,577$; $p < 0,001$). El puntaje vigesimal del EAM no tuvo una distribución normal (Shapiro-Wilk = 0,982; $p = 0,007$), mientras que el promedio ponderado sí la tuvo (Shapiro-Wilk = 0,995; $p = 0,712$) (tabla 1).

Análisis de las preguntas trazadoras

Entre las 20 preguntas trazadoras del primer año, se encontró diferencias en las medianas de las proporciones de respuestas correctas entre los años de estudio ($H = 12,95$; $gl = 5$; $p = 0,024$) (tabla 2). En el análisis *pos-hoc* con la prueba de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner se encontró que la mediana para el segundo año fue menor respecto al cuarto año ($W = 4,353$; $p = 0,025$), mientras que la comparación del segundo con el quinto año no alcanzó la significación estadística ($W = 3,825$; $p = 0,074$) (fig. 1).

Entre las 45 preguntas trazadoras del primer y segundo año, la proporción de respuestas correctas tuvo una distribución normal (Shapiro-Wilk = 0,990; $p = 0,159$). Hubo diferencias en las medianas según años de estudio ($H = 29,6$; $gl = 5$, $p < 0,001$) (tabla 2). En el análisis *pos-hoc*, los estudiantes de segundo año tuvieron una menor proporción de respuestas correctas comparados con los de tercero ($W =$

4,250; $p = 0,022$), cuarto ($W = 5,805$; $p < 0,001$), quinto ($W = 6,116$; $p < 0,001$) y sexto ($W = 3,889$; $p = 0,047$) (fig. 1). Entre los demás años las comparaciones de medianas tuvieron valores de $p > 0,2$, salvo la comparación entre el tercer y quinto año ($W = 3,830$; $p = 0,053$).

Según cursos, en Anatomía humana los estudiantes del tercer año tuvieron mayor porcentaje de respuestas correctas comparados con primero y segundo año; y en Química médica solo hubo diferencias entre el cuarto y sexto año (a favor del cuarto año). En el caso de Biología celular y molecular no hubo diferencias significativas (fig. 2). Respecto a las preguntas trazadoras del segundo año, en Fisiología se observó un incremento en la mediana del porcentaje a mayor año de estudio, en Bioquímica se encontró diferencias respecto al segundo año, y en Microbiología dichas diferencias fueron a favor del quinto, cuarto y tercer año, respecto al segundo año (fig. 3).

Factores asociados a las respuestas correctas en las preguntas trazadoras

Se encontró una correlación lineal directa entre el promedio ponderado y el número de preguntas trazadoras correctamente respondidas ($r = 0,565$, $IC95\%: 0,465$ a $0,651$; $p < 0,001$) (Material suplementario) (fig. 1). También se encontró una mayor proporción de respuestas correctas entre los varones respecto a las mujeres (mediana: 48,9 versus 44,4; U de Mann-Whitney = 4570; $p = 0,002$).

Tabla 2 Respuestas correctas a preguntas trazadoras de cursos de ciencias básicas según año de estudio

Año	20 preguntas trazadoras (cursos dictados en el primer año) ^a					45 preguntas trazadoras (cursos dictados en el primer y segundo año) ^b				
	Porcentaje de respuestas correctas					Porcentaje de respuestas correctas				
	Media	DE	Med	P25	P75	Media	DE	Med	P25	P75
Primero	45,9	12,2	45,0	40,0	55,0	-	-	-	-	-
Segundo	41,4	13,0	40,0	35,0	50,0	41,1	12,6	38,9	33,3	47,8
Tercero	46,0	11,3	45,0	35,0	55,0	46,2	9,5	46,7	37,8	54,4
Cuarto	48,8	12,0	50,0	40,0	57,5	49,8	11,0	48,9	42,2	55,6
Quinto	49,2	13,0	47,5	42,5	57,5	52,1	9,6	52,2	46,7	57,8
Sexto	46,3	16,3	42,5	32,5	60,0	50,7	10,1	50,0	43,3	56,7

DE: Desviación estándar; Med: Mediana; P25: percentil 25; P75: percentil 75.

^a Incluye preguntas de los cursos de Biología celular y molecular, Anatomía humana, Química médica y Fisiología.

^b Además de los cursos del primer año, incluye preguntas de los cursos de Bioquímica, Microbiología, Parasitología, Fisiología, Histología, Embriología, Genética y Bioestadística.

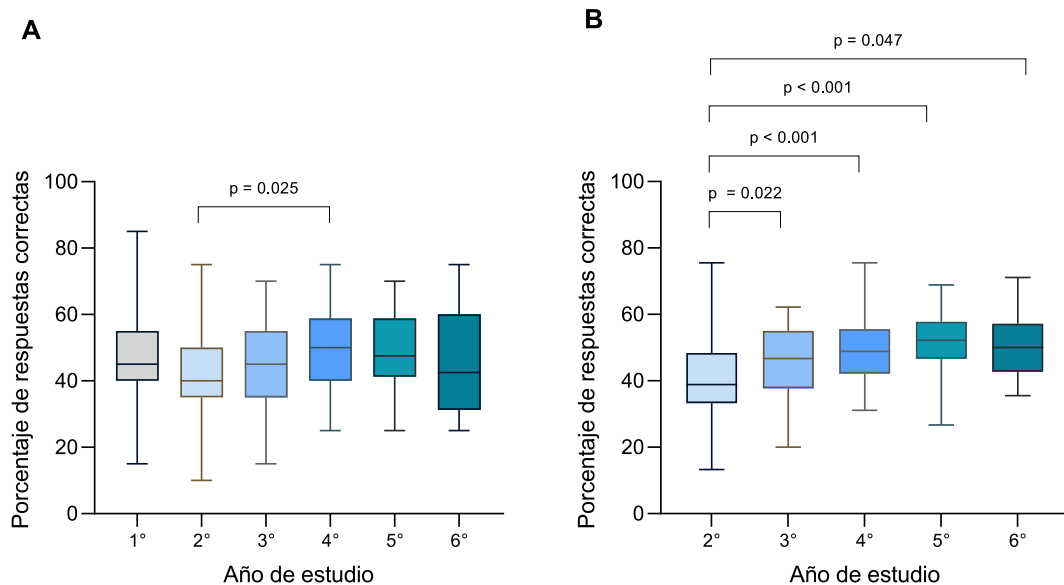


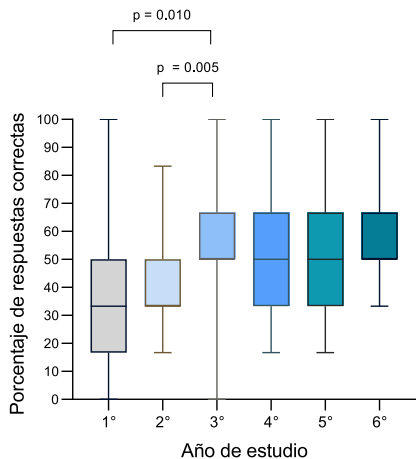
Figura 1 A) Comparación del porcentaje de respuestas correctas a las 20 preguntas trazadoras del primer año de estudio ($H_{\text{Kruskal-Wallis}} = 13,0$; $gl = 5$; $p = 0,024$), B) Comparación del porcentaje de respuestas correctas a las 45 preguntas trazadoras de cursos del primer y segundo año ($H_{\text{Kruskal-Wallis}} = 29,6$; $gl = 4$; $p < 0,001$). El valor de p encima de cada barra corresponde a la comparación entre 2 grupos con la prueba Dwass-Steel-Critchlow-Fligner. En las posibles comparaciones entre grupos que no tienen la barra no hubo diferencias significativas ($p \geq 0,05$).

En la regresión lineal se encontró que el año de estudio fue un predictor significativo del porcentaje de respuestas correctas en las preguntas trazadoras, a los estudiantes de cuarto año se les pronosticó 4,32 puntos porcentuales más de respuestas correctas que los de segundo, este incremento llega a 5,10 puntos porcentuales entre los de quinto año. El promedio ponderado y el ser varón también incrementaron el porcentaje de respuestas correctas. El modelo descrito cumplió con los supuestos de normalidad, la independencia de errores, no colinealidad y homocedasticidad (tabla 3).

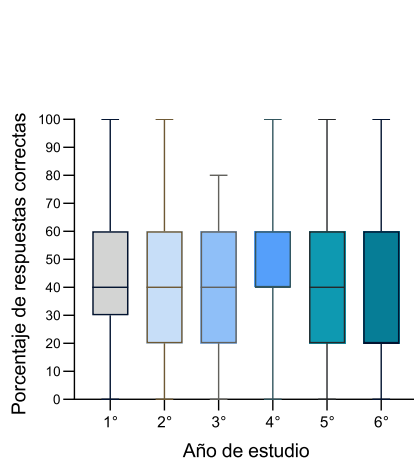
Discusión

Encontramos que la retención de conocimientos en los cursos de ciencias básicas dictados en el primer año (Anatomía humana, Biología celular y molecular, Química médica, Embriología y Físicoquímica) no tuvo una tendencia creciente según año de estudio, salvo una diferencia encontrada a favor del cuarto año respecto al segundo. Dicha tendencia cambia, cuando añadimos los cursos del segundo año; pues identificamos una clara progresión en el

A. Anatomía humana



B. Biología celular y molecular



C. Química médica

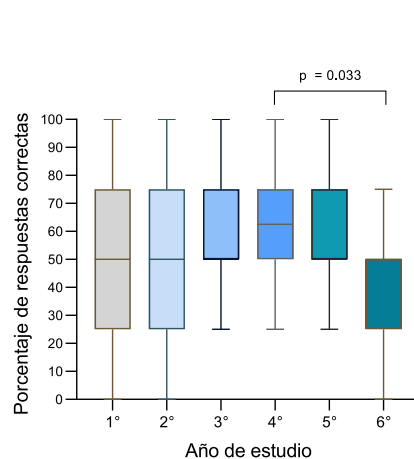


Figura 2 Comparación del porcentaje de respuestas correctas en preguntas trazadoras sobre cursos de ciencias básicas del primer año de la carrera de Medicina. A) Anatomía humana ($H_{\text{Kruskal-Wallis}} = 21,6$; $gl = 5$; $p < 0,001$), B) Biología celular y molecular ($H_{\text{Kruskal-Wallis}} = 4,94$; $gl = 5$; $p = 0,423$), C) Química médica ($H_{\text{Kruskal-Wallis}} = 15,0$; $gl = 5$; $p = 0,010$). El valor de p encima de cada barra corresponde a la comparación entre 2 grupos con la prueba Dwass-Steel-Critchlow-Fligner. En las posibles comparaciones entre grupos que no tienen la barra no hubo diferencias significativas ($p \geq 0,05$).

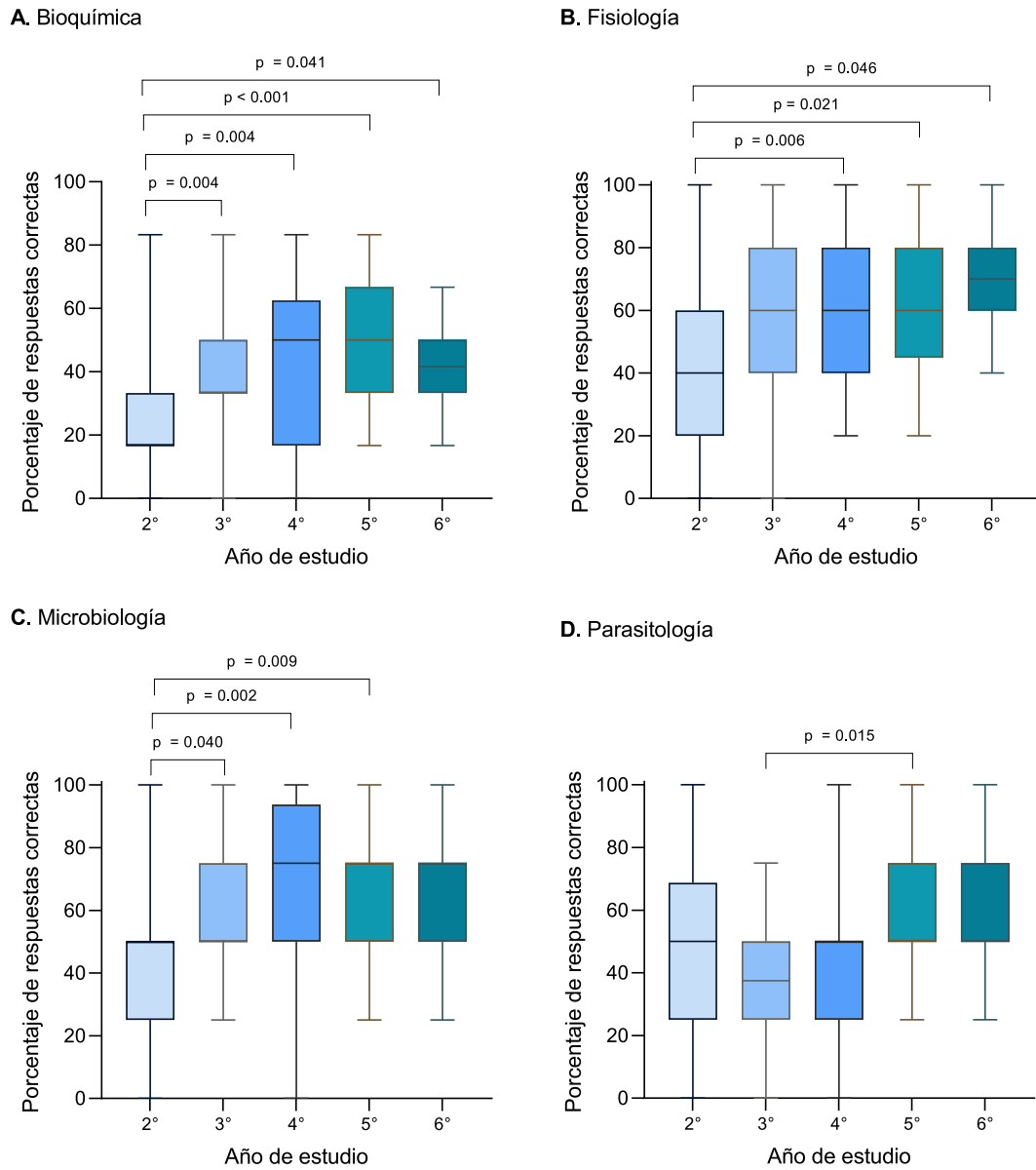


Figura 3 Comparación del porcentaje de respuestas correctas en preguntas trazadoras de cursos de ciencias básicas del segundo año de la carrera de Medicina. A) Bioquímica ($H_{\text{Kruskal-Wallis}} = 31,4$; $gl = 4$; $p < 0,001$), B) Fisiología ($H_{\text{Kruskal-Wallis}} = 18,4$; $gl = 4$; $p = 0,001$), C) Microbiología ($H_{\text{Kruskal-Wallis}} = 20,5$; $gl = 4$; $p < 0,001$), D) Parasitología ($H_{\text{Kruskal-Wallis}} = 13,3$; $gl = 4$; $p = 0,010$). El valor de p encima de cada barra corresponde a la comparación entre 2 grupos con la prueba Dwass-Steel-Critchlow-Fligner. En las posibles comparaciones entre grupos que no tienen la barra no hubo diferencias significativas ($p \geq 0,05$).

número de respuestas correctas del tercer año en adelante. Estos resultados se explican debido al patrón de respuestas correctas en los cursos de Bioquímica, Fisiología y Microbiología, para los cuáles se observó un claro incremento a mayor año de estudio. Estos hallazgos reflejarían un mejor nivel de integración vertical que logran los cursos del segundo año, comparados con los del primero.

Nuestros resultados son consistentes con el análisis de PT realizados en estudiantes de Medicina de Brasil; tanto en la Universidad de Sao Paulo (Brasil)¹¹ y la Universidad Catarinense del Extremo Sur¹³ se observó un incremento en el puntaje de cursos de ciencias básicas a medida que progresaban en la carrera. En Alemania, en la Universidad de

Muenster se encontró un incremento de los conocimientos en ciencias básicas desde el primer al tercer año de la carrera, sin embargo, para el cuarto y quinto año no hubo grandes variaciones¹⁴. En la Universidad de Charité hubo un incremento en el número de respuestas correctas en las preguntas de ciencias básicas, alcanzando su pico entre los que culminaron el 5to semestre, para luego disminuir hasta el 10mo semestre, pero manteniéndose superior al 40% de respuestas correctas²².

Nuestros resultados deben interpretarse en el contexto de un plan de estudios tradicional con cursos obligatorios, y cuyos 2 primeros años dicta las ciencias básicas. Estos cursos procuran la integración en el alumno, mediante la puesta en

Tabla 3 Modelo de regresión lineal para la proporción de respuestas correctas en las preguntas trazadoras entre estudiantes de Medicina del segundo al sexto año de estudio

Predictores	Coeficiente no estandarizado	Error estándar	Intervalo de confianza 95%		Valor de p
			Límite inferior	Límite superior	
Constante ^a	-29,01	7,559	-43,914	-14,11	<0,001
<i>Año de estudio</i>					
Tercero – Segundo	2,01	1,693	-1,33	5,34	0,237
Cuarto – Segundo	4,32	1,747	0,88	7,77	0,014
Quinto – Segundo	5,10	2,077	1,001	9,19	0,015
Sexto – Segundo	3,68	2,938	-2,112	9,47	0,212
Promedio ponderado (escala vigesimal)	5,00	0,543	3,926	6,07	<0,001
Sexo (ref: femenino)					
Masculino	3,28	1,237	0,841	5,72	0,009

^a Representa el nivel de referencia. Ref: referencia.

$R^2 = 0,392$. Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk = 0,998; $p = 0,992$), homocedasticidad (prueba de Breusch-Pagan = 5,15; $p = 0,525$), prueba de autocorrelación de Durbin-Watson (DW = 1,93; $p = 0,392$), colinealidad (VIF para año de estudio = 1,02; VIF para promedio ponderado = 1,06; VIF para sexo = 1,01).

práctica de los conocimientos y habilidades adquiridos²³. Los alumnos que lograron progresar más allá del segundo año tuvieron la oportunidad de actividades de integración vertical entre las ciencias clínicas con las básicas, mientras que entre los de primero y segundo año, dicha integración básicamente fue horizontal.

Consideramos que las actividades académicas de años superiores que contribuyeron a la integración vertical fueron la mayor exposición a situaciones en las que el alumno relacionó la información clínica obtenida de historias de pacientes, exámenes físicos y resultados de laboratorio, con los principios y mecanismos biológicos subyacentes, aprendidos en años previos^{10,24}. Entre las estrategias que procuran dicha integración vertical están: el Examen Clínico Objetivo Estructurado (ECO) a partir del tercer año, el análisis de casos clínicos y el propio EAM; respecto a esta última, a mayor año de estudio más EAM han rendido. Debemos resaltar que, en la universidad estudiada, el plan de estudio no incluye cursos específicos de integración vertical.

No encontramos incremento en la proporción de respuestas correctas en Biología celular y molecular, y Química médica. Diversas explicaciones podrían formularse, entre ellas el nivel de dificultad de las preguntas, la formulación de la pregunta que no permitió medir la integración vertical, la cantidad de preguntas para dichos cursos y la importancia percibida del curso por los estudiantes. Para el caso de Anatomía humana, se observó un incremento del primer al tercer año, luego se mantuvo la proporción de respuestas correctas. Estos hallazgos requieren que la escuela de medicina implemente medidas curriculares (fortalecer la integración vertical en el plan de estudio), instruccionales (incrementar su enseñanza en un contexto clínico), y de evaluación (incrementar la frecuencia de evaluaciones formativas)²⁵.

Encontramos que los resultados en la PT y la proporción del número de respuestas correctas en ciencias básicas estuvieron correlacionados linealmente al promedio ponderado del estudiante. Estos resultados fueron corroborados en un modelo de regresión lineal múltiple,

que incluyó el año de estudio y el sexo. Los estudiantes de cuarto y de quinto año tuvieron una mayor proporción de respuestas correctas a las preguntas trazadoras de ciencias básicas, comparados con los del segundo año. En dicho modelo, el promedio ponderado permaneció como una variable explicativa significativa, el sexo masculino también incrementó el desempeño en ciencias básicas. Nuestros resultados son consistentes con otros estudios que a nivel crudo reportaron un incremento en la cantidad de respuestas correctas a mayor año de estudio^{7,11,13-16}, especialmente entre los estudiantes que han alcanzado las ciencias clínicas.

El estudio tiene limitaciones: el análisis usó datos de un solo año de aplicación de la PT, y en cada año la evaluación escrita varía en su contenido de preguntas; el estudio incluyó un número limitado de variables explicativas, no fueron consideradas variables como rotaciones clínicas en los establecimientos de salud, actitudes de los estudiantes frente a las evaluaciones escritas, o la preparación extra-curricular para el examen; finalmente, hay que considerar que los resultados son aplicables a una universidad del Perú, sin embargo, encontramos plausibilidad y consistencia de nuestros hallazgos con la literatura disponible.

Para interpretar adecuadamente los hallazgos, se debe considerar que las preguntas trazadoras fueron formuladas y revisadas por el equipo formulador de la prueba de progreso, y se aseguró que las mismas preguntas fueran aplicadas a todos los estudiantes, sin importar el año de estudio; así aseguramos una evaluación sistemática, reduciendo la posibilidad que la variabilidad en la respuesta se deba a diferencias en las características de la pregunta.

En conclusión, entre los estudiantes del segundo al sexto año encontramos un incremento en la retención de conocimiento en ciencias básicas, generados principalmente por una mejora progresiva en proporción de respuestas correctas en los cursos de Bioquímica, Fisiología y Microbiología. La asociación entre el año de estudio y la proporción de respuestas correctas en ciencias básicas se observó a nivel crudo y ajustado, independientemente del promedio ponderado del estudiante y el sexo. Los

estudiantes con mayor promedio ponderado y los varones tuvieron mayor retención.

Financiamiento

Facultad de Medicina Humana de la Universidad de Piura.

Conflicto de intereses

Los autores han recibido ayudas de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad de Piura, Lima, Perú.

Responsabilidades éticas

El estudio fue aprobado por el Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad de Piura. El estudio no requirió la aplicación de un consentimiento informado a los sujetos de estudio, pues se usó información generada por actividades académicas rutinarias. Solicitamos a la facultad de medicina una base de datos que contenía el código del alumno y las variables solicitadas. El código del alumno fue intercambiado por un identificador alfanumérico una vez realizada la limpieza de la base de datos.

Appendix A. Dato suplementario

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2023.100830>.

Bibliografía

1. Roediger HL, Karpicke JD. Test-enhanced learning: taking memory tests improves long-term retention. *Psychol Sci*. 2006;17(3):249–55. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x>.
2. Glass AL, Ingate M, Sinha N. The effect of a final exam on long-term retention. *J Gen Psychol*. 2013;140(3):224–41. <https://doi.org/10.1080/00221309.2013.797379>.
3. Blake JM, Norman GR, Keane DR, Mueller CB, Cunningham J, Didyk N. Introducing progress testing in McMaster University's problem-based medical curriculum: psychometric properties and effect on learning. *Acad Med J Assoc Am Med Coll*. 1996;71(9):1002–7. <https://doi.org/10.1097/00001888-199609000-00016>.
4. Wrigley W, Van Der Vleuten CP, Freeman A, Muijtjens A. A systemic framework for the progress test: Strengths, constraints and issues: AMEE Guide No. 71. *Med Teach*. 2012;34(9):683–97. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2012.704437>.
5. Vleuten CPMVD, Verwijnen GM, Wijnen WHFW. Fifteen years of experience with progress testing in a problem-based learning curriculum. *Med Teach*. 1996;18(2):103–9. <https://doi.org/10.3109/01421599609034142>.
6. Neeley SM, Ulman CA, Sydelko BS, Borges NJ. The value of progress testing in undergraduate medical education: a systematic review of the literature. *Med Sci Educ*. 2016;26(4):617–22. <https://doi.org/10.1007/s40670-016-0313-0>.
7. Reberti AG, Monfredini NH, Ferreira Filho OF, de Andrade DF, Pinheiro CEA, Silva JC. Teste de progresso na escola médica: uma revisão sistemática acerca da literatura. *Rev Bras Educ Médica*. 2020;44(1), e014. <https://doi.org/10.1590/1981-5271v44.1-20190194>.
8. Finnerty EP, Chauvin S, Bonaminio G, Andrews M, Carroll RG, Pangaro LN. Flexner revisited: the role and value of the basic sciences in medical education. *Acad Med*. 2010;85(2):349–55. <https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e3181c88b09>.
9. Grande JP. Training of physicians for the twenty-first century: role of the basic sciences. *Med Teach*. 2009;31(9):802–6. <https://doi.org/10.1080/01421590903137049>.
10. Dahle LO, Brynhildsen J, Fallsberg MB, Rundquist I, Hammar M. Pros and cons of vertical integration between clinical medicine and basic science within a problem-based undergraduate medical curriculum: examples and experiences from Linköping. *Sweden Med Teach*. 2002;24(3):280–5. <https://doi.org/10.1080/01421590220134097>.
11. Tomic ER, Martins MA, Lotufo PA, Benseñor IM. Progress testing: evaluation of four years of application in the school of medicine. *University of São Paulo Clinics*. 2005;60(5):389–96. <https://doi.org/10.1590/S1807-59322005000500007>.
12. Pinheiro OL, Spadella MA, Moreira HM, Ribeiro ZMT, Guimarães APC, Almeida Filho OM, et al. Teste de progresso: uma ferramenta avaliativa para a gestão acadêmica. *Rev Bras Educ Médica*. 2015;39(1):68–78. <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v39n1e02182013>.
13. da Rosa MI, Isoppo CC, Cattaneo HD, Madeira K, Adami F, Ferreira Filho OF. O teste de progresso como indicador para melhorias em curso de graduação em medicina. *Rev Bras Educ Médica*. 2017;41(1):58–68. <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v41n1rb20160022>.
14. Görlich D, Friederichs H. Using longitudinal progress test data to determine the effect size of learning in undergraduate medical education – a retrospective, single-center, mixed model analysis of progress testing results. *Med Educ Online*. 2021;26(1):1972505. <https://doi.org/10.1080/10872981.2021.1972505>.
15. Nouns Z, Schaubert S, Witt C, Kingreen H, Schüttpeitz-Brauns K. Development of knowledge in basic sciences: a comparison of two medical curricula: development of knowledge in basic sciences. *Med Educ*. 2012;46(12):1206–14. <https://doi.org/10.1111/medu.12047>.
16. Malau-Aduli BS, Alele FO, Heggarty P, Teague P-A, Sen Gupta T, Hays R. Perceived clinical relevance and retention of basic sciences across the medical education continuum. *Adv Physiol Educ*. 2019;43(3):293–9. <https://doi.org/10.1152/advan.00012.2019>.
17. Romani F, Gutiérrez C. Correlación entre una evaluación sumativa escrita y el promedio ponderado en estudiantes de medicina humana. *Inv Ed Med*. 2022;11(43):36–45. <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2022.43.22422>.
18. Cecilio-Fernandes D, Bicudo AM, Hamamoto Filho PT. Progress testing as a pattern of excellence for the assessment of medical students' knowledge: concepts, history, and perspective. *Med Ribeirão Preto*. 2021;54(1), e173770. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.rmrp.2021.173770>.
19. Schuwirth LWT, van der Vleuten CPM. The use of progress testing. *Perspect Med Educ*. 2012;1(1):24–30. <https://doi.org/10.1007/s40037-012-0007-2>.
20. Gupta V, Williams ER, Wadhwa R. Multiple-choice tests: A–Z in best writing practices. *Psychiatr Clin North Am*. 2021;44(2):249–61. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2021.03.008>.
21. Douglas CE, Michael FA. On distribution-free multiple comparisons in the one-way analysis of variance. *Commun Stat - Theory Methods*. 1991;20(1):127–39. <https://doi.org/10.1080/03610929108830487>.

22. Nouns ZM, Georg W. Progress testing in German speaking countries. *Med Teach.* 2010;32(6):467–70. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2010.485656>.
23. Grant J. *Principles of curriculum design. Understanding medical education evidence, theory, and practice.* Third Edition. WILEY Blackwell; 2019.
24. Wijnen-Meijer M, van den Broek S, Koens F, ten Cate O. Vertical integration in medical education: the broader perspective. *BMC Med Educ.* 2020;20(1):509. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02433-6>.
25. Baker KG. Twelve tips for optimising medical student retention of anatomy. *Med Teach.* 2022;44(2):138–43. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2021.1896690>.