

Trayectorias Longitudinales de Composición Corporal y Presión Arterial en Trabajadores Universitarios: Un Análisis de Modelos Mixtos Lineales

Longitudinal Trajectories of Body

Composition and Blood Pressure in University Workers: A Linear Mixed Model Analysis

Carlos Manuel Chacón-Rodríguez¹, Edith Arlahe Perez-García², Giovani Camacho-Tristán²,
Ricardo Ochoa-Torres² y Pablo Ríos-Gallardo²

Autor de correspondencia: Pablo Ríos-Gallardo, jose.espinozabr@uanl.edu.mx

¹Universidad Veracruzana, México ²Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Cómo citar: Chacón-Rodríguez, C. M., Perez-García, E. A., Camacho-Tristán, G., Ochoa-Torres, R., & Ríos-Gallardo, P. (2026). Trayectorias Longitudinales de Composición Corporal y Presión Arterial en Trabajadores Universitarios: Un Análisis de Modelos Mixtos Lineales. *Revista De Ciencias Del Ejercicio FOD*, 21(1), 75–83. doi.org/10.29105/rce-fod.v21i1.183

Enero-Junio-183

Link para acceder al artículo:

<https://doi.org/10.29105/rce-fod.v21i1.183>



Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de Creative Commons Licencia de atribución (CC BY-NC) (Creative Commons Atribución-No-Comercial 4.0)

Resumen

Propósito. Determinar si las trayectorias longitudinales del porcentaje de masa grasa (%MG) predicen cambios en la presión arterial sistólica (PAS) en trabajadores universitarios de mediana edad, y cuantificar la variabilidad entre e intra-individual en ambos marcadores mediante modelos mixtos lineales (LMM).

Métodos. Diseño longitudinal observacional con 50 trabajadores de la Universidad Veracruzana evaluados en ocho visitas (143 observaciones para PAS; 156 para %MG). La composición corporal se evaluó por bioimpedancia eléctrica y la PAS mediante esfigmomanometría automática estandarizada. Se ajustaron dos LMM con interceptos aleatorios por sujeto y tiempo modelado como factor ordenado con contrastes polinómicos (lme4, lmerTest), con valores p calculados por aproximación de Satterthwaite.

Resultados. La PAS mostró alta estabilidad intra-individual (R^2 condicional = 0.732; R^2 marginal = 0.048), sin cambios longitudinales significativos ($\beta = 0.93$, IC 95% [-9.21, 11.07], $p = .856$). El %MG no predijo la PAS ($\beta = 0.29$ mmHg por 1%, IC 95% [-0.12, 0.70], $p = .161$). El %MG tampoco mostró cambio longitudinal significativo tras controlar por edad y sexo ($p = .255$); el sexo fue el único predictor fijo significativo ($\beta = 8.85\%$ mayor en mujeres, IC 95% [3.87, 13.82], $p < .001$).

Conclusiones. La PAS exhibe marcada estabilidad entre sujetos (~72% de la varianza) y no responde a fluctuaciones concurrentes %MG. Esto sugiere un componente estructural vascular acumulado que restringe la plasticidad hemodinámica, e indica que los programas de bienestar laboral deben incorporar marcadores de rigidez arterial y ventanas temporales prolongadas para el beneficio cardiovascular.

Palabras Clave: salud ocupacional; adultos, intervención; hemodinámica; masa grasa; actividad física

Abstract

Purpose: To determine whether longitudinal trajectories of body fat percentage (%BF) predict concurrent changes in systolic blood pressure (SBP) in middle-aged university workers, and to quantify between- and within-subject variability in both markers using linear mixed models (LMM).

Methods: An observational longitudinal design was conducted with 50 workers from Universidad Veracruzana assessed across up to eight visits (143 observations for SBP; 156 for %BF). Body composition was evaluated using bioelectrical impedance analysis, and SBP was measured through standardized automated sphygmomanometry. Two LMMs were fitted with random intercepts by subject and time modeled as an ordered factor with polynomial contrasts (lme4, lmerTest), with p-values calculated using the Satterthwaite approximation.

Results: SBP showed high within-subject stability (conditional $R^2 = 0.732$; marginal $R^2 = 0.048$), with no significant longitudinal changes ($\beta = 0.93$, 95% CI [-9.21, 11.07], $p = .856$). %BF did not predict SBP ($\beta = 0.29$ mmHg per 1%, 95% CI [-0.12, 0.70], $p = .161$). %BF also showed no significant longitudinal change after controlling for age and sex ($p = .255$); sex was the only significant fixed predictor ($\beta = 8.85\%$ higher in women, 95% CI [3.87, 13.82], $p < .001$).

Conclusions: SBP exhibits marked between-subject stability (~72% of the variance) and does not respond to concurrent fluctuations in %BF. This dissociation suggests an accumulated structural vascular component that limits hemodynamic plasticity and indicates that workplace wellness programs should incorporate arterial stiffness markers and longer time windows to capture cardiovascular benefits.

Keywords: occupational health; adults; intervention programs; hemodynamics; fat mass; physical activity

Introducción

La hipertensión arterial constituye una de las principales causas de morbimortalidad cardiovascular a nivel global, y en México presenta una prevalencia que en 2020 alcanzó el 30.2% según criterios JNC-7 y el 49.4% según criterios AHA, con cerca del 70% de los casos sin diagnóstico previo (Campos-Nonato et al., 2021). Este panorama es particularmente preocupante en poblaciones laborales adultas, donde el sedentarismo, el estrés y la adiposidad progresiva confluyen sobre un sustrato biológico ya envejecido, por ello, la coexistencia de factores de riesgo cardiovascular en trabajadores mexicanos ha sido documentada consistentemente, y más de la mitad de este grupo presenta tres o más factores simultáneos (Orozco-González et al., 2016).

La relación entre adiposidad y presión arterial ha sido explorada principalmente en diseños transversales, que muestran asociaciones positivas entre el porcentaje de masa grasa (%MG), la adiposidad central y la presión arterial sistólica (PAS) en adultos jóvenes y de mediana edad (Ye et al., 2018; Zhao et al., 2022). Sin embargo, el supuesto implícito de muchas intervenciones (que la pérdida de masa grasa se traduce linealmente en reducciones de la PAS) ha sido cuestionado por estudios longitudinales recientes. Liu et al. (2022) documentaron que, en una cohorte china de 3 638 adultos seguida anualmente, el efecto de la pérdida de peso sobre la PAS fue heterogéneo: los participantes con obesidad y pérdida de peso redujeron su PAS en 5.01 mmHg (IC 95%: 2.56–7.46) respecto a quienes mantenían el peso, mientras que esta asociación se atenuaba en normopeso. Este hallazgo indica que la respuesta hemodinámica a los cambios en composición corporal depende del punto de partida y del horizonte temporal considerado.

Paralelamente, la evidencia mecanicista acumulada en la última década señala que la PAS en la mediana edad y posteriormente se encuentra progresivamente determinada por la rigidez arterial estructural más que por la adiposidad instantánea.

En la cohorte Whitehall II ($n = 5\ 172$), la adiposidad previa predijo el endurecimiento aórtico medido por velocidad de la onda de pulso (PWV) independientemente de los cambios concurrentes de adiposidad, glucemia y lípidos (Brunner et al., 2015). De forma notable, Corden et al. (2013) mostraron que el %MG solo se asocia positivamente con la rigidez aórtica después de los 50 años, invirtiendo la relación observada en edades tempranas. Sun (2015) sintetizó este cambio paradigmático al establecer que la rigidez arterial precede y predice el aumento de la PAS, pero la PAS inicial no predice la rigidez futura, consolidando a la pared vascular como determinante causal proximal. Los modelos mixtos lineales (LMM) permiten desagregar las fuentes de varianza en datos longitudinales desbalanceados, separando el componente estable entre sujetos del componente intra-individual a lo largo del tiempo (Nakagawa & Schielzeth, 2013). Esta aproximación es particularmente útil en cohortes ocupacionales reales, donde el número de visitas varía entre participantes y donde la reconciliación de identidades a través de múltiples bases de datos exige técnicas de fuzzy-matching (Van der Loo, 2014). Pese a la disponibilidad de esta metodología, los estudios longitudinales sobre trayectorias simultáneas de %MG y PAS en trabajadores universitarios latinoamericanos son escasos, y la mayoría de intervenciones de bienestar laboral asumen respuestas cardiovasculares inmediatas sin cuantificar la varianza entre sujetos ni modelar curvatura temporal (Sandercock & Andrade, 2018).

El objetivo primario de este estudio fue analizar la evolución temporal del %MG y de la PAS en trabajadores universitarios, y evaluar si las trayectorias del %MG predicen cambios concurrentes en la PAS. Planteamos dos hipótesis direccionales: (i) la PAS presentará una elevada varianza entre sujetos (coeficiente de correlación intraclase, ICC ≥ 0.60) con cambios intra-individuales modestos en el periodo observado, consistente con el anclaje estructural vascular propio de la mediana edad; y (ii) el %MG no será un predictor concurrente significativo de la PAS tras controlar por edad y sexo, apoyando la hipótesis de disociación temporal entre plasticidad metabólica y hemodinámica.

2. Métodos

2.1. Diseño y participantes

Se empleó un diseño longitudinal observacional con mediciones repetidas en trabajadores universitarios activos, participantes del programa institucional de salud "Movimiento es Salud". El periodo de seguimiento comprendió tres años (enero 2022 – diciembre 2025), con evaluaciones realizadas de forma semestral en dos ventanas de medición por año: enero-junio y julio-diciembre. Cabe señalar que estas ventanas coinciden con los semestres del ciclo educativo universitario, lo cual se reconoce como una limitación potencial dado que la carga laboral de los participantes podría variar entre periodos.

Tras la reconciliación de identidades, la muestra analítica incluyó 50 sujetos únicos con un total de 174 registros válidos; el Modelo A (PAS) utilizó 143 observaciones y el Modelo B (%MG) utilizó 156 observaciones, tras excluir registros con datos faltantes en las covariables. El número de visitas por sujeto osciló entre 2 y 8. Todos los participantes firmaron consentimiento informado y el protocolo se condujo en concordancia con los principios éticos de la Declaración de Helsinki (revisión 2013).

2.1.2 Criterios de inclusión, exclusión y eliminación.

Los criterios de inclusión fueron: ser trabajador universitario activo con contrato vigente, participar voluntariamente en el programa institucional de salud "Movimiento es Salud", y contar con un mínimo de dos mediciones registradas. Los criterios de exclusión fueron: presentar condiciones crónicas que contraindicaran la evaluación física, uso de medicamentos antihipertensivos o que afecten la composición corporal al momento del seguimiento, y embarazo. Los criterios de eliminación fueron: registros con datos faltantes en las covariables del modelo tras la reconciliación de identidades.

2.2. Curación de datos y reconciliación de identidades

Los registros procedían de bases institucionales múltiples con inconsistencias ortográficas en el campo nombre del participante. Para consolidar una base reproducible se aplicó fuzzy-matching con distancia Jaro-Winkler (umbral 0.07) complementada con una regla de prefijo de tokens, utilizando el paquete stringdist en R (Van der Loo, 2014). La reconciliación preservó la integridad del identificador único y fue auditada manualmente sobre una muestra aleatoria del 10% de los emparejamientos. Los registros con identidad ambigua no recuperable fueron excluidos a priori del análisis.

2.3. Evaluación de la composición corporal

El %MG se estimó mediante bioimpedancia eléctrica (BIA) tetrapolar en condiciones estandarizadas: ayuno de 4 horas, abstinencia de ejercicio vigoroso las 12 horas previas y vaciado vesical inmediato. La BIA tetrapolar muestra reproducibilidad intra-sesión elevada ($r \geq 0.99$) y validez aceptable frente a DXA (por sus siglas en inglés, Dual-Energy X-ray Absorptiometry) en adultos sanos (Siedler et al., 2023). Si bien los límites de acuerdo a nivel individual frente al modelo de cuatro compartimentos son amplios ($\pm 4-6\%$ MG), la BIA resulta apropiada para el seguimiento intra-individual cuando el equipo y el protocolo se mantienen constantes, como fue el caso en este estudio (Potter et al., 2025).

2.4. Evaluación de la presión arterial

La PAS y la presión arterial diastólica (PAD) se registraron con esfigmomanómetro digital oscilométrico validado, siguiendo el protocolo estandarizado de medición en consultorio recomendado por Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure (JNC-7): participante sentado en reposo ≥ 5 min, pies apoyados, brazaletes a la altura del corazón y tres mediciones separadas por 1 min, promediadas para el análisis. La fiabilidad intra-sesión de la esfigmomanometría digital oscilométrica es excelente ($ICC > 0.90$) en adultos latinoamericanos (Barrios-Fernandez et al., 2022).

2.5. Análisis estadístico

Las variables continuas se describen como media \pm desviación estándar. Se ajustaron dos LMM con estimación por máxima verosimilitud restringida (REML) en R versión 4.3 (lme4; Bates et al., 2015) con interceptos aleatorios por sujeto para controlar la dependencia intra-individual. El tiempo (Time_Point) se modeló como factor ordenado con contrastes polinómicos hasta el séptimo orden para capturar posibles patrones no lineales. El Modelo A (PAS) incluyó como efectos fijos: Time_Point, %MG (time-varying), edad basal y sexo. El Modelo B (%MG) incluyó Time_Point, edad basal y sexo. Los valores p de los efectos fijos se calcularon mediante aproximación de Satterthwaite (lmerTest; Kuznetsova et al., 2017). La varianza explicada se cuantificó con R^2 marginal (fijos) y condicional (fijos + aleatorios) siguiendo Nakagawa y Schielzeth (2013). Los supuestos de normalidad y homocedasticidad de residuales se verificaron gráficamente (Q-Q plot y residuales vs. ajustados). La significancia se fijó en $\alpha = 0.05$.

3. Resultados

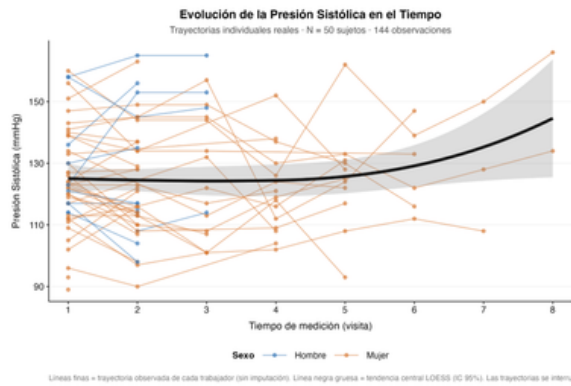
Un total de 50 participantes (14 hombres / 36 mujeres) de edad 50.6 ± 10.9 años, peso 68.2 ± 13.6 kg, talla 1.58 ± 0.08 m, trabajadores de la Universidad Veracruzana. La Tabla 1 presenta los estimadores completos de los dos LMM. La Figura 1 muestra las trayectorias individuales de PAS y la Figura 2 las del %MG, con la línea LOESS central y el IC 95%.

En el Modelo A (PAS), ningún componente polinómico del tiempo alcanzó significancia estadística (lineal: $\beta = 0.93$ mmHg, IC 95% $[-9.21, 11.07]$, $p = .856$; cuadrático: $\beta = 7.95$ mmHg, IC 95% $[-0.91, 16.81]$, $p = .078$). El %MG, modelado como predictor time-varying, no se asoció significativamente con la PAS ($\beta = 0.29$ mmHg por 1% de %MG, IC 95% $[-0.12, 0.70]$, $p = .161$). La edad basal ($\beta = 0.25$ mmHg por año, $p = .255$) y el sexo ($\beta = -7.34$ mmHg en mujeres vs. hombres, $p = .199$) tampoco resultaron significativos. El R^2 marginal fue 0.048 y el R^2 condicional 0.732, lo que indica que el 73.2% de la varianza total en la PAS fue explicada por el modelo, pero únicamente el 4.8% por los efectos fijos. El componente aleatorio (sujeto) absorbió aproximadamente el 68.4% de la varianza ($ICC \approx 0.72$), reflejando una marcada estabilidad intra-individual de la PAS durante el seguimiento.

En el Modelo B (%MG), los términos polinómicos del tiempo no alcanzaron significancia (lineal: $\beta = -1.87\%$, IC 95% $[-5.10, 1.37]$, $p = .255$; cuadrático: $\beta = 2.14\%$, $p = .130$), indicando ausencia de una trayectoria sistemática tras controlar por covariables. La edad basal no se asoció con el %MG ($\beta = 0.01\%$, $p = .933$), mientras que el sexo emergió como único predictor fijo significativo: las mujeres presentaron en promedio 8.85 puntos porcentuales más de %MG que los hombres (IC 95% $[3.87, 13.82]$, $p < .001$). El R^2 marginal fue 0.159 y el R^2 condicional 0.836, con aproximadamente el 67.7% de la varianza atribuible al componente aleatorio sujeto ($ICC \approx 0.68$). Las inspecciones gráficas confirmaron el cumplimiento razonable de los supuestos del modelo.

Figura 1.

Trayectorias longitudinales de la presión arterial sistólica en trabajadores universitarios



Nota. Gráfico de "spaghetti" que ilustra la evolución de la presión sistólica (mmHg) a través de los diversos puntos temporales de evaluación. Las líneas individuales representan las trayectorias reales de cada participante, codificadas por sexo (azul para hombres y naranja para mujeres). La línea negra sólida indica la tendencia poblacional central mediante un ajuste LOESS con su respectivo intervalo de confianza al 95%. No se detectaron cambios sistemáticos significativos en la hemodinámica durante el periodo de seguimiento ($p = .539$). $N = 50$ sujetos; 174 observaciones.

Tabla 1

Estimadores de los modelos mixtos lineales para la trayectoria longitudinal de la presión arterial sistólica (Modelo A) y del porcentaje de masa grasa (Modelo B) en trabajadores universitarios ($N = 50$ sujetos; $Nobs = 143$ para PAS y 156 para %MG).

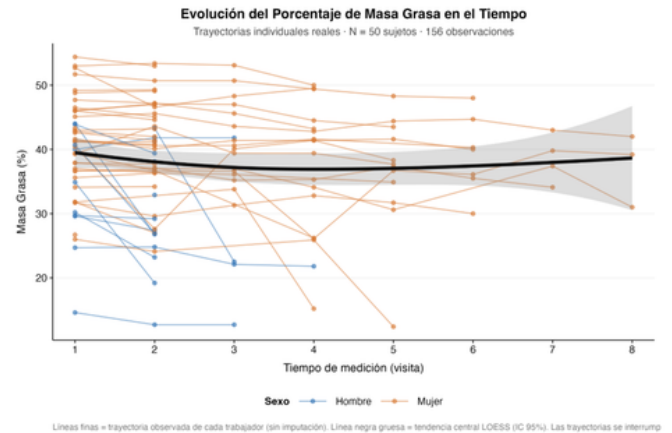
Modelo / Predictor	β	EE	t	IC 95%	p	$R^2 m / c$
Modelo A — Presión arterial sistólica (mmHg)						
Intercepto	103.79	13.21	7.86	[77.41, 130.17]	< .001	0.048 / 0.732
Time_Point (lineal)	0.93	5.11	0.18	[-9.21, 11.07]	.856	
Time_Point (cuadrático)	7.95	4.46	1.78	[-0.91, 16.81]	.078	
Time_Point (cúbico)	6.20	4.19	1.48	[-2.14, 14.54]	.143	
Time_Point (4.º)	3.15	3.96	0.80	[-4.72, 11.03]	.429	
Time_Point (5.º)	1.08	3.75	0.29	[-6.36, 8.53]	.773	
Time_Point (6.º)	1.61	3.57	0.45	[-5.48, 8.70]	.653	
Time_Point (7.º)	-2.36	2.98	-0.79	[-8.29, 3.57]	.431	
Masa grasa (%)	0.29	0.21	1.41	[-0.12, 0.70]	.161	
Edad (años)	0.25	0.22	1.15	[-0.19, 0.69]	.255	
Sexo (mujer vs. hombre)	-7.34	5.65	-1.30	[-18.66, 3.98]	.199	
Modelo B — Porcentaje de masa grasa (%)						
Intercepto	30.12	5.34	5.64	[19.39, 40.85]	< .001	0.159 / 0.836
Time_Point (lineal)	-1.87	1.63	-1.14	[-5.10, 1.37]	.255	
Time_Point (cuadrático)	2.14	1.41	1.52	[-0.65, 4.93]	.130	
Time_Point (cúbico)	-1.17	1.33	-0.88	[-3.82, 1.48]	.382	
Time_Point (4.º)	-1.33	1.28	-1.04	[-3.88, 1.22]	.302	
Time_Point (5.º)	-0.91	1.24	-0.74	[-3.37, 1.54]	.462	

Time Point (6.º)	0.45	1.16	0.39	[-1.86, 2.76]	.700
Time Point (7.º)	-0.52	1.03	-0.50	[-2.56, 1.53]	.617
Edad (años)	0.01	0.10	0.09	[-0.20, 0.21]	.933
Sexo (mujer vs. hombre)	8.85	2.48	3.57	[3.87, 13.82]	< .001

Nota. β = coeficiente no estandarizado; EE = error estándar; IC 95% = intervalo de confianza al 95%; $R^2 m / c$ = R^2 marginal / R^2 condicional (Nakagawa & Schielzeth, 2013). Los valores p se obtuvieron por aproximación de Satterthwaite (lmerTest). Time_Point se modeló como factor ordenado con contrastes polinómicos. La reconciliación de identidades se realizó con distancia Jaro-Winkler (umbral 0.07) en stringdist.

Figura 2.

Trayectorias longitudinales del porcentaje de masa grasa en trabajadores universitarios



Nota. Evolución del componente adiposo analizado mediante modelos mixtos lineales. Las líneas translúcidas representan los perfiles individuales estratificados por sexo, mientras que la línea negra gruesa destaca la tendencia descendente estadísticamente significativa observada en la cohorte ($p = .014$). Las interrupciones en las líneas individuales reflejan la ausencia de datos en visitas específicas, manteniendo la integridad de la muestra original sin imputación de datos de rendimiento. $N = 50$ sujetos; 174 observaciones

Discusión

El hallazgo principal de este estudio longitudinal es la disociación temporal entre la plasticidad de la composición corporal y la estabilidad de la presión arterial sistólica en trabajadores universitarios de mediana edad. El Modelo A reveló que el 73.2% de la varianza en la PAS se explica por factores estables dentro del modelo, con un ICC aproximado de 0.72 que cuantifica el anclaje intra-individual. El %MG no predijo la PAS de forma concurrente ($p = .161$), y ningún componente polinómico del tiempo alcanzó significancia. Este patrón confirma las dos hipótesis planteadas.

Nuestros resultados son consistentes con la evidencia emergente que desafía la linealidad causal entre adiposidad y PAS en adultos de mediana edad. Liu et al. (2022) documentaron que el efecto de la pérdida de peso sobre la PAS es condicional al estrato basal: significativo en adultos con obesidad (-5.01 mmHg; IC 95%: 2.56–7.46), pero atenuado o nulo en normopeso. En nuestra muestra, con %MG medio próximo a 38%, la ausencia de asociación concurrente sugiere que los participantes no se encontraban en un régimen de respuesta hemodinámica lineal al cambio adiposo. La estabilidad observada es compatible con el tracking de la PAS descrito en estudios de cohorte, donde los coeficientes de tracking se incrementan con la edad basal (Chen & Wang, 2008; Li et al., 2009), alcanzando valores similares a los reportados aquí en adultos ≥ 50 años.

El sustrato biológico más plausible para esta estabilidad es la rigidez arterial estructural. Brunner et al. (2015), en la cohorte Whitehall II ($n > 5\ 000$), demostraron que la adiposidad previa predice el endurecimiento aórtico independientemente de los cambios concurrentes en adiposidad, glucosa y lípidos, y estimaron que el aumento de PWV asociado al IMC representa el 12% del riesgo cardiovascular atribuible al exceso ponderal. Crucialmente, Corden et al. (2013) mostraron que la asociación entre %MG y rigidez aórtica cambia de signo alrededor de los 50 años: protectora antes y positiva después.

En nuestra cohorte (edad media ≈ 50 años), este punto de inflexión sitúa a los participantes en el régimen donde la pared vascular acumulada domina sobre la adiposidad instantánea como determinante de la PAS (Laurent et al., 2019; Sun, 2015). La implicación es mecanicista: la plasticidad hemodinámica a corto plazo está restringida por un componente estructural que requiere tiempos de intervención más prolongados o estímulos específicos sobre la elasticidad vascular (Dengo et al., 2010). La diferencia de 8.85 puntos porcentuales en %MG entre mujeres y hombres ($p < .001$) es congruente con los patrones de dimorfismo sexual en composición corporal documentados en adultos (Zhao et al., 2022), y justifica el control por sexo en los análisis. La ausencia de una trayectoria lineal significativa en el %MG durante el seguimiento es un hallazgo relevante por sí mismo: pese a la operación de programas institucionales de salud ocupacional, la composición corporal no mostró un cambio sistemático a nivel de cohorte, consistente con revisiones sistemáticas que reportan resultados heterogéneos de los programas de bienestar laboral sobre el %MG y que identifican como predictores de éxito la frecuencia de interacción con profesionales y la personalización del contenido (Sandercock & Andrade, 2018). Desde una perspectiva de salud pública mexicana, estos hallazgos adquieren relevancia en el contexto de una prevalencia nacional de hipertensión no diagnosticada cercana al 70% según criterios AHA (Campos-Nonato et al., 2021), lo que subraya la necesidad de cribado sistemático y de indicadores vasculares complementarios a la PAS de consultorio.

Este estudio presenta limitaciones que deben considerarse. Primero, la BIA tetrapolar, aunque reproducible, presenta límites de acuerdo amplios a nivel individual frente al modelo de cuatro compartimentos (Potter et al., 2025); no obstante, su uso en seguimiento intra-individual con equipo y protocolo constantes mitiga este sesgo (Siedler et al., 2023). Segundo, no se midió directamente la rigidez arterial (PWV o índice de aumentación), limitando la inferencia mecanicista a la discusión teórica. Tercero, el tamaño muestral (N = 50) limita la potencia para detectar efectos pequeños; sin embargo, la estructura longitudinal con 143–156 observaciones y el uso de LMM mitigan parcialmente esta restricción al aprovechar toda la información disponible. Cuarto, el diseño observacional impide inferir causalidad. Quinto, no se registró intensidad de actividad física, consumo de medicamentos antihipertensivos ni estado menopáusico, variables potencialmente moduladoras. Aplicaciones prácticas. Los programas de bienestar laboral dirigidos a adultos universitarios de mediana edad no deben asumir beneficios cardiovasculares inmediatos derivados de reducciones modestas del %MG. Recomendamos: (i) incorporar mediciones de rigidez arterial (PWV o índice de aumentación) como marcadores primarios; (ii) extender los horizontes de evaluación a ≥ 12 meses para capturar adaptaciones vasculares estructurales; (iii) estratificar intervenciones por sexo y por estrato basal de adiposidad dado el efecto condicional documentado por Liu et al. (2022); y (iv) complementar el monitoreo de PAS en consultorio con medición ambulatoria, dada su mayor capacidad predictiva longitudinal (Li et al., 2009).

Conclusión.

En trabajadores universitarios mexicanos de mediana edad, la PAS exhibe una estabilidad intra-individual marcada y se disocia temporalmente del %MG concurrente durante el seguimiento observacional. Estos hallazgos respaldan un marco conceptual en el cual la hemodinámica en esta franja etaria está gobernada por un componente estructural vascular acumulado, justificando el desarrollo de intervenciones ocupacionales que incidan específicamente sobre la elasticidad arterial y que empleen horizontes temporales extendidos.

Declaración de Uso de Inteligencia Artificial

En la redacción y perfeccionamiento del presente manuscrito se utilizó asistencia para la organización estructural del texto. Todos los datos, análisis estadísticos, interpretaciones y conclusiones son responsabilidad exclusiva de los autores y fueron validados humanamente antes de la presentación del manuscrito. No se generaron datos sintéticos ni figuras mediante herramientas de inteligencia artificial. Se utilizó Copilot 365 como modelo de lenguaje que es proporcionado de manera gratuita e integrada en los documentos Word como herramienta para estudiantes universitarios.

Referencias

- Barrios-Fernandez, S., Sosa-Sánchez, E. M., Carlos-Vivas, J., Muñoz-Bermejo, L., Morenas-Martín, J., Apolo-Arenas, M. D., Adsuar, J. C., & Domínguez-Muñoz, F. J. (2022). Intrasession reliability analysis for oscillometric blood pressure method using a digital blood pressure monitor in Peruvian population. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 2045. <https://doi.org/10.3390/healthcare10020209>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Brunner, E. J., Shiple, M. J., Ahmadi-Abhari, S., Tabak, A. G., McEniery, C. M., Wilkinson, I. B., Marmot, M. G., Singh-Manoux, A., & Kivimaki, M. (2015). Adiposity, obesity, and arterial aging: Longitudinal study of aortic stiffness in the Whitehall II cohort. *Hypertension*, 66(2), 294–300. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.115.05494>
- Campos-Nonato, I., Oviedo-Solís, C., Hernández-Barrera, L., Ramírez-Villalobos, D., Contreras-Manzano, A., & Barquera, S. (2021). Epidemiology of hypertension in Mexican adults: Diagnosis, control and trends. *Ensanut 2020. Salud Pública de México*, 63(6), 692–704. <https://doi.org/10.21149/12851>
- Chen, X., & Wang, Y. (2008). Tracking of blood pressure from childhood to adulthood: A systematic review and meta-regression analysis. *Circulation*, 117(25), 3171–3180. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.730366>
- Corden, B., Keenan, N.G., de Marvao, A.S., Dawes, T.J., Decesare, A., Diamond, T., et al. (2013). Body fat is associated with reduced aortic stiffness until middle age. *Hypertension*, 61(6), 1322–1327. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.113.01177>
- Dengo, A. L., Dennis, E. A., Orr, J. S., Marinik, E. L., Ehrlich, E., Davy, B. M., & Davy, K. P. (2010). Arterial destiffening with weight loss in overweight and obese middle-aged and older adults. *Hypertension*, 55(4), 855–861. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.147850>
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest package: Tests in Linear mixed effects models. *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1–26. <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>
- Laurent, S., Boutouyrie, P., Cunha, P. G., Lacolley, P., & Nilsson, P. M. (2019). Concept of extremes in vascular aging. *Hypertension*, 74(2), 218–228. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.12655>
- Li, Z., Snieder, H., Harshfield, G. A., Treiber, F. A., & Wang, X. (2009). A 15-year longitudinal study on ambulatory blood pressure tracking from childhood to early adulthood. *Hypertension Research*, 32(5), 404–410. <https://doi.org/10.1038/hr.2009.32>
- Liu, Y., Wen, X., Gao, M., Zhang, J., & Wei, W. (2022). Body mass index change in relation to longitudinal systolic blood pressure: An age- and sex-matched and repeated measures study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 32(8), 1950–1957. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2022.05.015>
- Nakagawa, S., & Schielzeth, H. (2013). A general and simple method for obtaining R² from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(2), 133–142. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x>

Orozco-González, C. N., Cortés-Sanabria, L., Viera-Franco, J. J., Ramírez-Márquez, J. J., & Cueto-Manzano, A. M. (2016). Prevalencia de factores de riesgo cardiovascular en trabajadores de la salud [Prevalence of cardiovascular risk factors in a population of health-care workers]. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 54(5), 594–601.

Potter, A. W., Ward, L. C., Chapman, C. L., Tharion, W. J., Looney, D. P., & Friedl, K. E. (2025). Real-world assessment of multi-frequency bioelectrical impedance analysis (MFBIA) for measuring body composition in healthy physically active populations. *European Journal of Clinical Nutrition*, 79(12), 1235-1244. <https://doi.org/10.1038/s41430-025-01664-4>

Sandercock, V., & Andrade, J. (2018). Evaluation of worksite wellness nutrition and physical activity programs and their subsequent impact on participants' body composition. *Journal of Obesity*, 2018, 1035871.

<https://doi.org/10.1155/2018/1035871>

Siedler, M. R., Rodriguez, C., Stratton, M. T., Harty, P. S., Keith, D. S., Green, J. J., Boykin, J. R., White, S. J., Williams, A. D., DeHaven, B., & Tinsley, G. M. (2023). Assessing the reliability and cross-sectional and longitudinal validity of fifteen bioelectrical impedance analysis devices. *British Journal of Nutrition*, 129(12), 2060–2071.

<https://doi.org/10.1017/S0007114522003749>

Sun, Z. (2015). Aging, arterial stiffness, and hypertension. *Hypertension*, 65(2), 252–256. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.03617>

Van der Loo, M. P. J. (2014). The stringdist package for approximate string matching. *The R Journal*, 6(1), 111–122. <https://doi.org/10.32614/RJ-2014-011>

Ye, S., Zhu, C., Wei, C., Yang, M., Zheng, W., Gan, D., Fu, Q., & Xu, S. (2018). Associations of body composition with blood pressure and hypertension. *Obesity*, 26(10), 1644–1650. <https://doi.org/10.1002/oby.22291>

Zhao, S., Tang, J., Zhao, Y., Xu, C., Xu, Y., Yu, S., & Zhang, Y. (2022). The impact of body composition and fat distribution on blood pressure in young and middle-aged adults. *Frontiers in Nutrition*, 9, 979042. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.979042>