

Social determinants of Metabolic Syndrome and Advanced Glycation end products in leather and footwear workers.

Determinantes Sociales del Síndrome Metabólico y Productos Finales de Glicación Avanzada en trabajadores del sector cuero calzado.

María Fernanda Horta Becerra¹, Lizbeth Mariana López Ibarra¹, Yared Luisa Fernanda Morales Román¹, Lorena del Rocío Ibarra Reynoso², Mónica del Carmen Preciado Puga²

¹Departamento de Medicina y Nutrición, División de Ciencias de la Salud, Universidad de Guanajuato, Campus León, Boulevard Puente del Milenio 1001, Colonia Predio San Carlos, CP 37672, León, Gto, México

²Departamento de Ciencias Médicas, Universidad de Guanajuato, Campus León, 20 de enero 929, Colonia Obregón CP 37320, León, Gto, México.

mf.hortabecerra@ugto.mx¹ lm.lopezbarra@ugto.mx¹ Ylf.moralesroman@ugto.mx¹

lorena.ibarra@ugto.mx² mdc.preciadopuga@ugto.mx¹

Resumen

Introducción: El síndrome metabólico (SM) representa un importante problema de salud pública, especialmente en poblaciones socialmente vulnerables. Su asociación con los productos finales de glicación avanzada (AGEs), tanto circulantes como dietéticos, ha sido documentada en la literatura; sin embargo, su estudio en poblaciones laborales específicas ha sido limitado. Este trabajo analiza la relación entre los determinantes sociales de la salud (SDOH), el SM y los AGEs medidos en suero como sCML, en trabajadores del sector cuero-calzado en León, Guanajuato, México.

Metodología: Estudio transversal y comparativo. Se analizaron datos de un estudio previo en trabajadores adultos del sector cuero-calzado de la ciudad de León, Guanajuato, México. Se recopilaron variables sociodemográficas, antropométricas (peso, talla, circunferencia de cintura) y bioquímicas (glucosa en ayuno, triglicéridos, colesterol HDL) para el diagnóstico de SM, según los criterios armonizados. Se midieron los AGEs séricos y se estimó el consumo dietético de AGEs (dAGEs) a partir de registros alimentarios de tres días, clasificando el riesgo cardiovascular con un punto de corte de 8000 KU-AGEs/día. El análisis estadístico incluyó pruebas no paramétricas y evaluación de desigualdades sociales (nivel educativo y domicilio) mediante el software Health Equity Assessment Toolkit (HEAT Plus) de la OMS.

Resultados: 284 participantes (139 con SM y 145 sin SM). La prevalencia de SM fue del 48.9%, siendo significativamente mayor la concentración del sCML (N(ε)-Carboximetilisina, biomarcador sérico de AGEs) en el grupo con SM ($p < 0.05$). Contrario a lo esperado, el consumo estimado de dAGEs fue menor en este grupo. Las mayores desigualdades se observaron en el consumo de dAGEs en relación con el nivel educativo, siendo el grupo con menor escolaridad el más desfavorecido. También se identificaron brechas significativas según el lugar de residencia.

Conclusión: Los SDOH influyen significativamente en el desarrollo del SM y en el consumo de dAGEs. En este sector de la población, las mayores desigualdades se observaron en personas con escolaridad básica y en ciertas zonas geográficas, donde la prevalencia de SM y el consumo bajo de dAGEs fueron más frecuentes. Es necesario considerar estas desigualdades en el diseño de estrategias preventivas para reducir el impacto del SM en la salud y el gasto público.

Palabras clave: Síndrome Metabólico; Productos Finales de Glicación Avanzada; Determinantes sociales de la salud; Trabajadores del sector cuero-calzado; Riesgo cardiometabólico.

Introducción

El síndrome metabólico (SM) es una condición clínica de naturaleza multifactorial, definida por la coexistencia de al menos tres de los siguientes componentes: obesidad (obesidad abdominal), presión arterial elevada, hiperglucemia en ayuno y dislipidemia (Mendoza-Herrera et al., 2018). Esta entidad representa un importante desafío en salud pública debido a su estrecha asociación con un mayor riesgo cardiometabólico y su papel como factor predisponente para el desarrollo de enfermedad cardiovascular (ECV) y diabetes mellitus tipo 2 (DM2) (Lepe et al., 2023). En este contexto, el SM ha sido reconocido como una fase temprana dentro del espectro del síndrome cardiovascular-renal-metabólico (CKM, por sus siglas en inglés) una entidad progresiva descrita por la American Heart Association (AHA) que integra las interacciones fisiopatológicas entre obesidad, diabetes, enfermedad renal crónica (ERC) y ECV (Zhu et al., 2024) implicando un riesgo elevado de progresión hacia complicaciones cardiovasculares y renales, lo que resalta la importancia de su detección oportuna, especialmente en poblaciones socialmente vulnerables (Ndumele et al., 2023).

En México, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) ha documentado una prevalencia elevada y sostenida del SM en la población adulta de 20 años o más. De acuerdo con datos comparables entre 2006 y 2018, la prevalencia del SM, según la definición armonizada internacional, incrementó de 40.2 % en 2006 a 56.3 % en 2018. Esta última cifra equivale a aproximadamente 36.5 millones de adultos mexicanos que viven con esta condición, de los cuales se estima que dos millones presentan un riesgo elevado de desarrollar DM2 y 2.5 millones de desarrollar ECV en los próximos diez años, según las proyecciones basadas en los modelos FINDRISC y Globorisk (Rojas-Martínez et al., 2021)(Romero-Martínez et al., 2019). No obstante, de acuerdo con datos del Censo Nacional 2020, se estimó que la prevalencia de SM fue alrededor de 15.8 millones de hombres y 20.7 millones de mujeres mayores de 20 años, independientemente de la definición utilizada para SM. Ciertos grupos poblacionales mostraron una mayor vulnerabilidad, siendo el caso de los adultos jóvenes, las personas en condiciones de mayor pobreza, y aquellos que residían en zonas urbanas. Asimismo, se documentó un incremento preocupante del SM en comunidades indígenas (Rojas-Martínez et al., 2021).

En este contexto, los productos finales de glicación avanzada (AGEs, por sus siglas en inglés) han cobrado relevancia como posibles mediadores patológicos. Se trata de un grupo heterogéneo de compuestos formados tanto endógenamente como a partir de fuentes dietéticas (dAGEs), cuya acumulación ha sido implicada en el desarrollo de estrés oxidativo e inflamación crónica (Twarda-clapa et al., 2022)(Sharma et al., 2015). Los AGEs se forman de manera exponencial dependiendo del método de cocción y recalentamiento de los alimentos, concentrándose mayormente en alimentos fritos y ultraprocesados, además de productos ricos en grasas y proteínas. Una dieta rica en alimentos cocinados o recalentados a altas temperaturas y en condiciones de sequedad como el horno de microondas, se relaciona con una mayor concentración de dAGEs. La evidencia científica actual demuestra una sólida asociación entre el consumo de dAGEs y el desarrollo de dislipidemia y un mayor riesgo cardiovascular. Esta relación se refleja en la alteración de biomarcadores clave como los índices aterogénicos de Castelli, los cuales son predictores importantes de eventos cardiovasculares (Vekic et al., 2023)(Luévano-Contreras et al., 2017). A pesar de esta evidencia, la investigación sobre el impacto de los AGEs en poblaciones laboralmente vulnerables, como los trabajadores del sector cuero-calzado, es escasa.

Este grupo demográfico es de especial interés en regiones como el Estado de Guanajuato, México, que concentra una proporción mayoritaria de la producción nacional de calzado. Según los Censos Económicos y Encuestas del INEGI el total de trabajadores en la fabricación de calzado en Guanajuato (2019) fue un aproximado de 55,000 - 60,000 empleos directos (*Censos Económicos 2019*, n.d.). En cuanto al porcentaje a nivel nacional Guanajuato concentra ~65-70% de la producción nacional de calzado, siendo León el principal municipio productor (*Censos Económicos 2019*, n.d.). Los trabajadores de este sector a menudo enfrentan condiciones de precariedad laboral, barreras educativas y un acceso limitado a servicios de salud. Estos factores, considerados como determinantes sociales de la salud (SDOH, por sus siglas en inglés) son un conjunto de condiciones sociales, económicas y ambientales en las que las personas nacen, crecen, trabajan, viven y envejecen (Li et al., 2024) y configuran un entorno que fomenta la exposición a factores de riesgo metabólico, incluyendo dietas con alto contenido de AGEs, lo que eleva su susceptibilidad para desarrollar SM (Basto-Abreu et al., 2023)(*Social Determinants of Health*, n.d.). Dentro del amplio espectro de AGEs, la N(ε)-Carboximetilisina (CML) adquiere relevancia como indicador representativo del estrés oxidativo crónico relacionado con la glicación avanzada y destaca como uno de los biomarcadores séricos más ampliamente utilizados debido a su alta estabilidad, abundancia en tejidos y accesibilidad para detección en muestras séricas mediante métodos estandarizados (Twarda-clapa et al., 2022). De acuerdo con Twarda-Clapa et al., su empleo como biomarcador permite evaluar con mayor precisión la carga corporal de AGEs y

su asociación con enfermedades metabólicas (Twarda-clapa et al., 2022). En virtud de lo anterior, la medición N(ε)-Carboximetilisina sérica (sCML) fue incorporada en el presente estudio como variable clave para explorar su asociación con el SM en una población laboralmente vulnerable.

Los determinantes sociales e inequidades en salud, particularmente la clase social ocupacional, el género y la edad, se asocian significativamente con el desarrollo de SM en población económicamente activa. Los estudios evidencian que grupos en ocupaciones menos favorecidas (e.g., trabajadores manuales semicualificados) presentan prevalencias más elevadas (hasta 27.46%), relacionadas con condiciones laborales adversas, acceso limitado a servicios de salud y exposición a dietas inadecuadas. Estas disparidades se intensifican en hombres mayores de 45 años y mujeres mayores de 50 años, donde factores como obesidad abdominal, hipertensión y dislipidemia reflejan gradientes sociales marcados, subrayando la urgencia de políticas laborales y sanitarias que aborden estos determinantes estructurales para reducir inequidades en salud metabólica (*Prevalencia Del Síndrome Metabólico En El Ámbito Laboral*, n.d.).

Desde el enfoque de los SDOH, es fundamental analizar cómo las condiciones estructurales como el nivel socioeconómico, entorno laboral y la inseguridad alimentaria contribuyen a las disparidades en la salud (Braveman & Gottlieb, 2014). Para cuantificar y analizar las disparidades en salud entre los trabajadores, se empleó el software Health Equity Assessment Toolkit Plus (HEAT Plus), una aplicación de código abierto desarrollada por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Está diseñada para que los usuarios puedan cargar y analizar sus propios conjuntos de datos desagregados, lo cual es idóneo para los fines de este estudio. El propósito de HEAT Plus es facilitar la exploración y el reporte de inequidades en salud al examinar las diferencias en indicadores de salud entre distintos subgrupos poblacionales, definidos por características demográficas, socioeconómicas o geográficas. De esta manera, la herramienta permite identificar patrones de desigualdad y a los subgrupos más vulnerables, generando evidencia visual y numérica para fundamentar la toma de decisiones y el diseño de intervenciones.

Dentro de las medidas de resumen complejas disponibles en HEAT Plus, se seleccionó el Índice de Theil (TI) para evaluar la magnitud de la inequidad. El TI es una medida de desigualdad relativa que expresa la inequidad como una función de la distribución de un indicador de salud (ej. prevalencia de Síndrome Metabólico) en comparación con la distribución de la población en los diferentes subgrupos. Esta métrica es apropiada para este análisis, ya que considera simultáneamente a todos los subgrupos de la población, pondera los resultados según el tamaño poblacional de cada uno y es adecuada para dimensiones de inequidad con categorías no ordenadas, como el área geográfica de residencia. La interpretación del índice es directa: un valor de cero indica una ausencia total de inequidad, lo que significaría que el indicador de salud está distribuido de manera equitativa entre todos los subgrupos. Conforme el valor absoluto del índice aumenta, mayor es el nivel de desigualdad en salud observado en la población de estudio.

El objetivo de este estudio fue analizar la relación entre los determinantes sociales analizados con los índices mencionados, la prevalencia del síndrome metabólico y las concentraciones séricas de AGEs en trabajadores del sector cuero-calzado con la finalidad de generar evidencia que impulse el diseño de estrategias de intervención costo-efectivas y adaptadas al contexto social y cultural de esta población representativa en la actividad laboral del centro de México.

Metodología

Se utilizó una base de datos de un estudio previo de reclutamiento de trabajadores del sector cuero calzado de la ciudad de León, Gto. con aval del Comité de Ética Institucional, a los cuales se les tomaron datos sociodemográficos, se realizaron mediciones antropométricas (peso, talla y circunferencia de cintura), se midieron glucosa en ayuno, triglicéridos, colesterol HDL para el diagnóstico de SM por criterios armonizados. Se midieron AGEs en suero y se cuantificó el consumo de AGEs en la dieta con promedio registros de alimentos de 3 días con tablas previamente publicadas, expresándose con la medida arbitraria de medición Kilo Unidades AGE (KUAGE) y tomando como punto de corte un consumo de 8000 KUAGE por día para establecer un bajo o alto riesgo cardiovascular. Se utilizó Statistica V13 para estadística descriptiva, Wilcoxon con las variables numéricas entre los grupos con y sin SM además de entre grupos de alto y bajo riesgo según el consumo de 8000 KUAGE o más por día. Para analizar las desigualdades se utilizó el programa Health Equity Assessment Toolkit (HEAT Plus) recuperado de la página de OMS, https://www.who.int/data/inequality-monitor/assessment_toolkit, las variables utilizadas para el análisis fueron simples o métricas de brecha (variable biológica de alto o bajo riesgo cardiovascular por el consumo de AGEs y la presencia o ausencia de SM) y complejas o métricas de gradiente (área geográfica de domicilio y nivel

educativo). Para la ubicación del domicilio del trabajador se utilizó la división por delegaciones del municipio considerando las delegaciones San Juan Bosco Cerro Gordo, Del Carmen, Coecillo y Cerrito de Jerez. Para el nivel educativo se consideraron el analfabetismo y los niveles básico, medio, superior y posgrado. Las variables de interés de clasificaron en quintiles para su análisis, se calculó el índice de Theil y el índice de disparidad siguiendo lo indicado en el manual de uso de HEAT Plus https://www.who.int/data/inequality-monitor/assessment_toolkit.

Resultados

Se utilizaron los datos de 284 trabajadores del sector cuero calzado que laboraban en un total de 8 empresas distribuidas en el municipio de León, 67.9% hombres, mujeres 32.1% con una edad 38 ± 11.9 años. Las características de las variables metabólicas de los participantes pueden apreciarse en la tabla 1.

Tabla 1. Características metabólicas grupo con y sin Síndrome Metabólico.

Variable	Con SM N=139	Sin SM N=145	Z	p
IMC (kg/m ²)	29.8 \pm 4.6	25.5 \pm 5	7.977	≤ 0.001
CCINT (cm)	96.8 \pm 9.4	84.8 \pm 11.8	8.406	≤ 0.001
Glucosa (mg/dL)	111.4 \pm 46.9	92.2 \pm 17.7	5.897	≤ 0.001
Colesterol(mg/dL)	185.2 \pm 40.7	165.3 \pm 31.9	4.379	≤ 0.001
HDL (mg/dL)	35.8 \pm 9.2	46 \pm 11.6	-7.347	≤ 0.001
LDL (mg/dL)	104.8 \pm 33.6	95.2 \pm 29.3	2.7	0.006
TGD (mg/dL)	221.9 \pm 141	120.7 \pm 72.6	8.987	≤ 0.001
TAS (mm Hg)	125.7 \pm 17	116.3 \pm 14.6	5.449	≤ 0.001
TAD (mm Hg)	80.8 \pm 11.6	72.6 \pm 9.9	6.570	≤ 0.001
sCML (ng/mL)	1.86 \pm 1.35	1.48 \pm 1.06	2.299	0.021
AGEs dieta(KUAGES)	11,622 \pm 8,449	13,336 \pm 6,659	-1.536	0.124

TAS Tensión arterial sistólica. TAD Tensión arterial diastólica. Prueba de Wilcoxon. CCINT circunferencia de cintura. sCML Carboximetilina en suero, p significativa ≤ 0.05 . Fuente : elaboración propia.

La prevalencia de SM en la muestra analizada fue de 48.94% (grupo con SM N= 139). Además, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables metabólicas, así como en los niveles de AGEs circulantes medidos por sCML, siendo más elevados en el grupo con SM ($z=2.299$, valor $p=0.021$). Los AGEs estimados en la dieta tendieron a ser menores en el grupo con SM vs el grupo sin SM, aunque esta diferencia no fue significativa.

Para las desigualdades con el programa HEAT Plus se utilizaron las variables de escolaridad y ubicación del domicilio particular del trabajador, y se analizaron contra el consumo de AGEs reportados en la dieta (dAGES) y la presencia o ausencia de SM. Para las desigualdades en el consumo de dAGES analizado contra la escolaridad, se observó que existe mayor disparidad (índice de disparidad 112.6) en el grupo que reportó un nivel de 8000 KUAGES o menos por día, el cual se asocia a un bajo nivel de riesgo cardiovascular (LRV) en comparación con el grupo de alto riesgo cardiovascular (HRV) que reportó un consumo de 8000 KUAGES o más en el que se observó una disparidad de 99.3. El quintil más desfavorecido en ambos casos fue el del nivel de estudio básico.

Figura 1

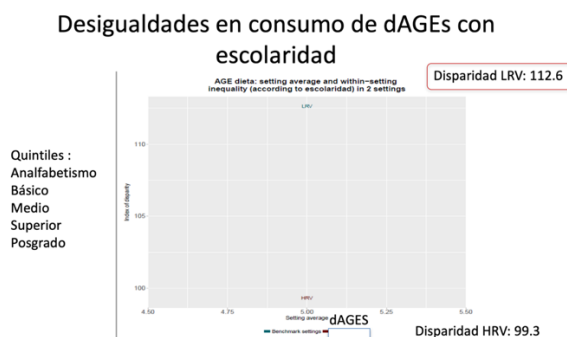


Figura 1.-Desigualdades en el consumo de AGEs con la escolaridad. LRV-grupo de bajo riesgo cardiovascular con consumo bajo de dAGEs (8000 o menos KUAGE por día) . HRV- grupo con alto riesgo cardiovascular con consumo alto de dAGEs (8000 o más KUAGE por día). Resultados obtenidos con HEAT PLUS. Versión 1.0. WHO, 2017.

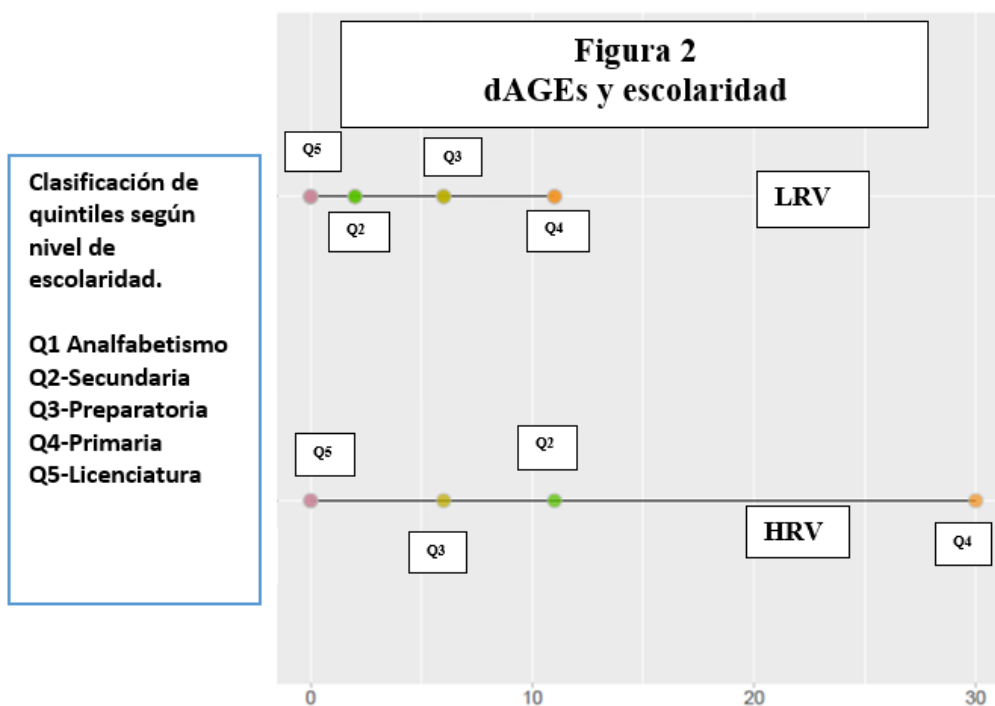


Figura 2.-Quintiles del nivel de escolaridad analizados con el consumo de AGEs en la dieta (dAGEs). LRV-grupo de bajo riesgo cardiovascular con consumo bajo de dAGEs (8000 o menos KUAGE por día) HRV- grupo de alto riesgo cardiovascular con consumo alto de dAGEs (8000 o más KUAGE por día). Resultados obtenidos con HEAT PLUS. Versión 1.0. WHO, 2017.

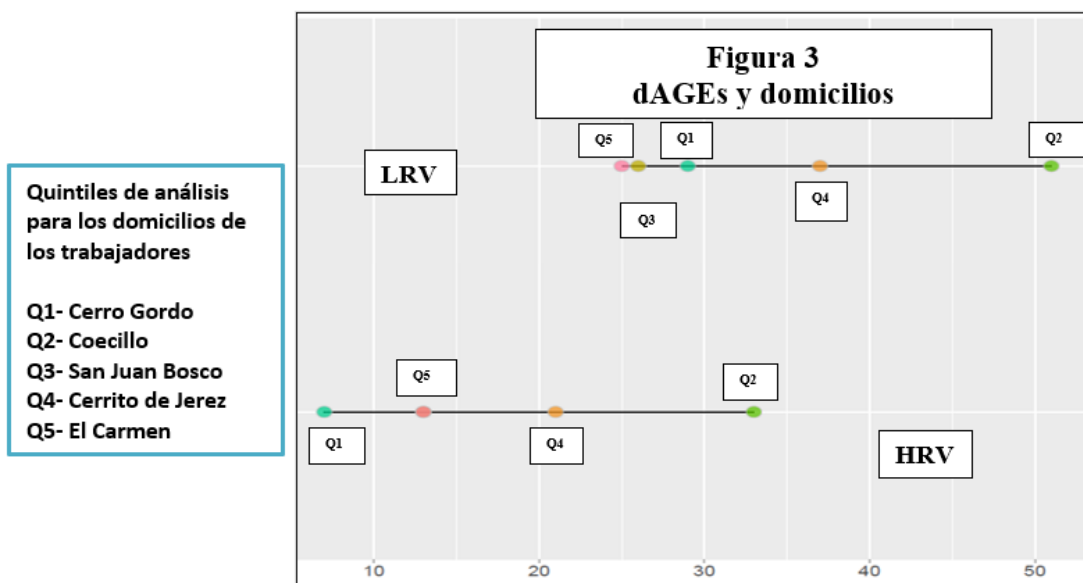


Figura 3.-Quintiles de la zona del municipio de León en la que se ubican los domicilios analizados con el consumo de AGEs en la dieta (dAGEs). LRV-grupo de bajo riesgo cardiovascular con consumo bajo de dAGEs (8000 o menos KUAGE por día) HRV- grupo de alto riesgo cardiovascular con consumo alto de dAGEs (8000 o más KUAGE por día). Resultados obtenidos con HEAT PLUS. Versión 1.0. WHO, 2017.

El índice de Theil se calculó para ambas variables sociales, encontrando una mayor desigualdad para el grupo con un consumo asociado a bajo riesgo cardiovascular tanto para la escolaridad como para el domicilio del trabajador. El quintil de los domicilios más desfavorecidos fue la zona de Cerrito de Jerez.

Tabla 2. Índice de Theil e índice de disparidad según la cantidad de consumo de AGEs

Variable social	Variable biológica	Índice de Theil	Índice de disparidad
Domicilio	dAGEs +8000 KUAGE/día (HRV)	38.8	24.8
	dAGEs –8000 KUAGE/día (LRV)	127.8	44.1
Escolaridad	dAGEs +8000 KUAGE/día (HRV)	686.1	98.6
	dAGEs – 8000 KUAGE/día (LRV)	792.3	111.3

LRV-grupo de bajo riesgo cardiovascular con consumo bajo de dAGEs (8000 o menos KUAGE por día) .

HRV- grupo de alto riesgo cardiovascular con consumo alto de dAGEs (8000 o más KUAGE por día).

Fuente: elaboración propia

Para las desigualdades al respecto del Síndrome Metabólico se encontró mayor desigualdad y mayor índice de disparidad en el grupo con SM. Los quintiles más desfavorecidos fueron el grupo con educación a nivel básico y los participantes que vivían en la zona geográfica de Cerrito de Jerez.

Tabla 3. Índice de Theil e índice de disparidad según la presencia de Síndrome Metabólico

Variable social	Variable biológica	Índice de Theil	Índice de disparidad
Domicilio	SM	161.4	45.8

	No SM	23.9	17.7
Escolaridad	SM	817.2	114.8
	No SM	774.8	108.3

Fuente: elaboración propia

Discusión

El síndrome metabólico es una condición multifactorial con alta prevalencia global y se posiciona como un factor central en la actual crisis mundial de salud cardiovascular, asociado potencialmente con un aumento significativo en el riesgo de padecer diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y fallecimiento prematuro (Noubiap et al., 2022)(Saklayen, 2018). Diversos estudios han demostrado que su distribución está profundamente influenciada por determinantes sociales de la salud, como el nivel educativo, el estatus ocupacional y las características sociodemográficas (Nguyen et al., 2024)(Montano, 2017). Estas desigualdades estructurales condicionan el acceso a alimentos saludables, atención médica oportuna y conocimientos en salud (Nguyen et al., 2024).

La prevalencia de SM en personas con niveles elevados de AGEs circulantes encontrada en este estudio, coincide parcialmente con lo reportado por Mendoza-Herrera et. al., quienes mencionan que un consumo alto de AGEs en la dieta se asoció significativamente con glucosa alterada, y mostraron una tendencia hacia mayor riesgo de SM (Mendoza-Herrera et al., 2018). Aunque su estudio se enfocó en AGEs dietéticos y en adultos jóvenes, ambos trabajos coinciden en resaltar el papel de los AGEs como posibles marcadores tempranos de disfunción metabólica (Mendoza-Herrera et al., 2018).

Estudios previos han demostrado que los SDOH influyen significativamente el diagnóstico y progresión tanto del SM como del síndrome de CKM, la diabetes, la ERC y la ECV (Zhu et al., 2024). Los resultados de este estudio destacan el papel crítico de los SDOH, especialmente el bajo nivel educativo y la residencia en zonas geográficas alejadas del área laboral, como factores clave en las disparidades observadas en SM y el consumo de dAGEs entre trabajadores del sector cuero-calzado. La prevalencia de SM observada en el presente estudio se alinea con las cifras nacionales reportadas por ENSANUT 2018 (Rojas-Martínez et al., 2021). Según ENSANUT 2021, en la población adulta de 20 años o más, la hipertensión arterial y la diabetes mellitus representan condiciones de salud relevantes, con una proporción significativa de casos diagnosticados (*Resultados de La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) 2021 - AMIIF*, n.d.). Se estima que podrían presentar eventos cardiovasculares mayores en los próximos 10 años, lo que implica una carga económica sustancial para el sistema de salud pública (Rojas-Martínez et al., 2021). En este contexto, la asociación encontrada en este estudio entre el SM y los niveles elevados de AGEs, específicamente la sCML, aporta evidencia adicional sobre la interacción entre factores metabólicos, dietéticos y sociales en una población que históricamente ha sido poco estudiada en este contexto.

Los presentes resultados nos sugieren que los determinantes sociales tienen impacto en las desigualdades analizadas, como lo fueron el nivel educativo y la ubicación de la zona geográfica alejada del sitio laboral. Se observó que los individuos con educación básica presentaron las mayores disparidades, particularmente en el grupo de bajo riesgo cardiovascular (LRV) asociado a un consumo ≤ 8000 KUAGEs/día. Este hallazgo sugeriría que la baja escolaridad está asociada a patrones dietéticos dualmente perjudiciales que incluye dietas restrictivas con posible deficiencia nutricional o de baja calidad con alto contenido de dAGEs, lo que reflejaría limitaciones en el acceso a alimentos variados y educación nutricional. Este hallazgo es respaldado por Liu et al., que, mediante una metodología de aleatorización, establecieron por primera vez una relación causal entre un mayor nivel educativo y una menor incidencia de SM (Liu et al., 2024). Ellos citan evidencia que demuestra cómo los niveles educativos más altos influyen indirectamente en las elecciones alimentarias para disminuir la prevalencia de SM, evidenciando que los individuos con educación universitaria presentan un riesgo 57% menor de SM en comparación con aquellos con solo educación primaria, lo que valida cuantitativamente las disparidades encontradas en nuestro grupo de estudio (Liu et al., 2024).

En cuanto a la desigualdad geográfica de acuerdo con la lejanía del lugar de trabajo nuestro estudio identificó a la zona de Cerrito de Jerez en el Municipio de León, Gto como el área de domicilio más desfavorecida, tanto para el riesgo de SM como para el consumo de dAGEs. Este resultado confirma que el entorno donde viven las personas, determinado por el acceso a transporte público, tiendas de alimentos saludables, espacios peatonales y la presencia de comercios de comida rápida, es un factor clave en su salud metabólica. La investigación de Braverman-Bronstein et al. encontró que la asociación entre el nivel educativo y la diabetes

es modulada por la región (Braverman-Bronstein et al., 2021). De manera crucial para nuestro contexto, dicho estudio reportó una correlación negativa entre educación y diabetes específicamente en México. Esto sugiere que las desigualdades observadas en León no son un hecho aislado, sino parte de un patrón más amplio donde las condiciones estructurales del entorno mexicano exacerban las disparidades en salud metabólica (Liu et al., 2024)(Braverman-Bronstein et al., 2021).

Aunque ha sido reportado que en adultos jóvenes mexicanos una dieta alta en AGEs se asocia con una mayor probabilidad de presentar niveles de glucosa elevados (Mendoza-Herrera et al. 2018), nuestros resultados no muestran diferencia entre los niveles de AGEs consumidos en la dieta, sin embargo, se observó que el grupo con SM tenía niveles de sCML significativamente mayores, lo cual podría indicar el posible papel de los AGEs en el desarrollo temprano de alteraciones metabólicas. Esto refuerza la importancia de considerar intervenciones enfocadas en reducir el consumo de AGEs en la dieta, especialmente en poblaciones vulnerables.

Existen recomendaciones prácticas que pudieran ser útiles para este sector de la población como cocinar mediante vapor, estofado o escalfado en lugar de freír o dorar, añadir antioxidantes naturales durante la cocción, para inhibir la formación de AGEs y reducir el consumo de alimentos ultra procesados o con altos niveles de grasa y azúcar, que promueven la formación de AGEs durante el cocinado. Estas prácticas sencillas han demostrado reducir la carga de AGEs en la dieta y, por tanto, disminuir la inflamación asociada y el estrés oxidativo (Del Castillo et al., 2021). La implementación de estas estrategias a nivel personal y en los centros de trabajo favorecería una mejor calidad de vida disminuyendo el riesgo y las complicaciones del SM en la población económicamente activa.

Nuestros resultados sustentan la necesidad de realizar investigaciones enfocadas al análisis profundo de los determinantes sociales que puedan afectar a este sector de la población y su asociación con enfermedades cardio-metabólicas, favoreciendo una mejor calidad de vida.

Conclusión

Los determinantes sociales afectan el desarrollo y evolución de condiciones de salud de manera importante. En la población estudiada se apreció que el consumo de dAGEs en la dieta por debajo de 8000 KUAGE por día presenta mayor disparidad siendo más desfavorecido el grupo con nivel de estudios de primaria, mismo nivel de escolaridad en el que se presentó con mayor frecuencia el SM. La zona geográfica de residencia mostró disparidades tanto para la presencia de SM como para el nivel de consumo de dAGEs. Es necesario profundizar en el estudio de los determinantes sociales y las desigualdades que puedan afectar a la presencia y evolución de enfermedades metabólicas y que, a su vez, puedan afectar la calidad de vida de la población económicamente activa elevando el gasto público en su atención. La identificación de factores modificables tales como el nivel educativo permitirán diseñar intervenciones en los centros de trabajo que favorezcan la elección de alimentos bajos en AGEs por la población estudiada, mismos que se asocian con un menor riesgo cardiovascular. El diseño de material didáctico claro y accesible, además de talleres educativos con esta población, permitirán modificar la tendencia al consumo de alimentos procesados ricos en AGEs que se asocian a un mayor riesgo cardiovascular, promoviendo así cambios en el estilo vida que prevengan el desarrollo de enfermedades metabólicas y sus complicaciones.

Referencias

- Basto-Abreu, A., López-Olmedo, N., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Moreno-Banda, G. L., Carnalla, M., Rivera, J. A., Romero-Martínez, M., Barquera, S., & Barrientos-Gutiérrez, T. (2023). Prevalencia de prediabetes y diabetes en México: Ensanut 2022. *Salud Pública de México*, 65, s163–s168. <https://doi.org/10.21149/14832>
- Braveman, P., & Gottlieb, L. (2014). The social determinants of health: It's time to consider the causes of the causes. *Public Health Reports*, 129(SUPPL. 2), 19–31. <https://doi.org/10.1177/00333549141291S206;PAGEGROUP:STRING:PUBLICATION>
- Braverman-Bronstein, A., Hessel, P., González-Urbe, C., Kroker, M. F., Diez-Canseco, F., Langellier, B., Lucumi, D. I., Rodríguez Osiac, L., Trotta, A., & Diez Roux, A. V. (2021). Association of education level with diabetes prevalence in Latin American cities and its modification by city social environment. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 75(9), 874–880. <https://doi.org/10.1136/jech-2020-216116>
- Censos Económicos 2019. (n.d.). Retrieved July 15, 2025, from <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>
- Del Castillo, M. D., Iriondo-Dehond, A., Iriondo-Dehond, M., Gonzalez, I., Medrano, A., Filip, R., & Uribarri, J. (2021). Healthy eating recommendations: good for reducing dietary contribution to the body's advanced glycation/lipoxidation end products pool? *Nutrition Research Reviews*, 34(1), 48–63. <https://doi.org/10.1017/S0954422420000141>
- Lepe, A., De Kroon, M. L. A., Reijneveld, S. A., & De Winter, A. F. (2023). Socioeconomic inequalities in paediatric metabolic syndrome: mediation by parental health literacy. *European Journal of Public Health*, 33(2), 179–183. <https://doi.org/10.1093/EURPUB/CKAD028>
- Li, J., Lei, L., Wang, W., Ding, W., Yu, Y., Pu, B., Peng, Y., Li, Y., Zhang, L., & Guo, Y. (2024). Social Risk Profile and Cardiovascular-Kidney-Metabolic Syndrome in US Adults. *Journal of the American Heart Association*, 13(16), 34996. <https://doi.org/10.1161/JAHA.124.034996>
- Liu, D., Xu, Z. X., Liu, X. L., Yang, H. L., Wang, L. L., & Li, Y. (2024). Education and metabolic syndrome: a Mendelian randomization study. *Frontiers in Nutrition*, 11. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2024.1477537/FULL>
- Luévano-Contreras, C., Gómez-Ojeda, A., Macías-Cervantes, M. H., & Garay-Sevilla, M. E. (2017). Dietary Advanced Glycation End Products and Cardiometabolic Risk. *Current Diabetes Reports*, 17(8). <https://doi.org/10.1007/S11892-017-0891-2>
- Mendoza-Herrera, K., Aradillas-García, C., Mejía-Díaz, M. A., Alegría-Torres, J. A., Garay-Sevilla, M. E., & Luevano-Contreras, C. (2018). Association of Dietary Advanced Glycation End Products with Metabolic Syndrome in Young Mexican Adults. *Medicines (Basel, Switzerland)*, 5(4), 128. <https://doi.org/10.3390/MEDICINES5040128>
- Montano, D. (2017). Association Between Socioeconomic Determinants and the Metabolic Syndrome in the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1) – A Mediation Analysis. *The Review of Diabetic Studies : RDS*, 14(2–3), 279. <https://doi.org/10.1900/RDS.2017.14.279>
- Ndumele, C. E., Rangaswami, J., Chow, S. L., Neeland, I. J., Tuttle, K. R., Khan, S. S., Coresh, J., Mathew, R. O., Baker-Smith, C. M., Carnethon, M. R., Despres, J. P., Ho, J. E., Joseph, J. J., Kernan, W. N., Khera, A., Kosiborod, M. N., Lekavich, C. L., Lewis, E. F., Lo, K. B., ... Elkind, M. S. V. (2023). Cardiovascular-Kidney-Metabolic Health: A Presidential Advisory from the American Heart Association. *Circulation*, 148(20), 1606–1635. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001184/ASSET/296E3D27-7D69-4EF8-B6E5-0D411AFD6067/ASSETS/GRAPHIC/CIR.0000000000001184.FIG05.JPG>
- Nguyen, B., Lohse, B., Powell, L. H., Masters, K. S., Berkley-Patton, J., & Drees, B. M. (2024). Food Security and Cardio-Metabolic Risk in Individuals with Metabolic Syndrome. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(1), 28. <https://doi.org/10.3390/IJERPH22010028>
- Noubiap, J. J., Nansseu, J. R., Lontchi-Yimagou, E., Nkeck, J. R., Nyaga, U. F., Ngouo, A. T., Tounouga, D. N., Tianyi, F. L., Foka, A. J., Ndoadougou, A. L., & Bigna, J. J. (2022). Geographic distribution of metabolic syndrome and its components in the general adult population: A meta-analysis of global data from 28 million individuals. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 188, 109924. <https://doi.org/10.1016/J.DIABRES.2022.109924>
- Prevalencia del Síndrome Metabólico en el ámbito laboral. (n.d.). Retrieved July 10, 2025, from https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2022000200005&lng=es&tlng=es
- Resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) 2021 - AMIIF. (n.d.). Retrieved July 15, 2025, from <https://amiif.org/resultados-de-la-encuesta-nacional-de-salud-y-nutricion-ensanut-2021/>
- Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Romero-Martínez, M., Castro-Porras, L., Gómez-Velasco, D., & Mehta, R. (2021). Trends in the prevalence of metabolic syndrome and its components in Mexican adults, 2006-2018. *Salud Pública de México*, 63(6, Nov-Dic), 713–724. <https://doi.org/10.21149/12835>

- Romero-Martínez, M., Shamah-Levy, T., Vielma-Orozco, E., Heredia-Hernández, O., Mojica-Cuevas, J., Cuevas-Nasu, L., Rivera-Dommarco, J., Gómez-Humarán, M., Gaona-Pineda, E. B., Gómez-Acosta, L. M., Mendoza-Alvarado, L. R., Suárez-Hernández, J. de J., Medina, N. A. I., Mendoza-Medina, E., Navarro-Sandoval, N. L., Pineda-Villegas, A. S., & Becerril-González, M. A. (2019). National Health and Nutrition Survey 2018-19: Methodology and perspectives. *Salud Publica de Mexico*, 61(6), 917–923. <https://doi.org/10.21149/11095>,
- Saklayen, M. G. (2018). The Global Epidemic of the Metabolic Syndrome. *Current Hypertension Reports*, 20(2), 12. <https://doi.org/10.1007/S11906-018-0812-Z>
- Sharma, C., Kaur, A., Thind, S. S., Singh, B., & Raina, S. (2015). Advanced glycation End-products (AGEs): an emerging concern for processed food industries. *Journal of Food Science and Technology* 2015 52:12, 52(12), 7561–7576. <https://doi.org/10.1007/S13197-015-1851-Y>
- Social determinants of health. (n.d.). Retrieved July 7, 2025, from https://www.who.int/health-topics/social-determinants-of-health#tab=tab_1
- Twarda-clapa, A., Olczak, A., Białkowska, A. M., & Koziolkiewicz, M. (2022). Advanced Glycation End-Products (AGEs): Formation, Chemistry, Classification, Receptors, and Diseases Related to AGEs. *Cells*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/CELLS11081312>,
- Vekic, J., Vujcic, S., Bufan, B., Bojanin, D., Al-Hashmi, K., Al-Rasadi, K., Stoian, A. P., Zeljkovic, A., & Rizzo, M. (2023). The Role of Advanced Glycation End Products on Dyslipidemia. *Metabolites*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/METABO13010077>,
- Zhu, R., Wang, R., He, J., Wang, L., Chen, H., Niu, X., Sun, Y., Guan, Y., Gong, Y., Zhang, L., An, P., Li, K., Ren, F., Xu, W., & Guo, J. (2024). Prevalence of Cardiovascular-Kidney-Metabolic Syndrome Stages by Social Determinants of Health. *JAMA Network Open*, 7(11), e2445309. <https://doi.org/10.1001/JAMANETWORKOPEN.2024.45309>