



Consumo de tomate de árbol (*Solanum Betaceum*) y papaya (*Carica Papaya*) y relación con los niveles de glicemia en estudiantes de medicina de la Universidad de Manizales

Andrea Diazgranados Pinzón

Estefanía Pérez Espitia

Eva María Pardo Manrique

Luca Fehrenbacher

Natalia Sofia Buelvas Tatis

Sara Lucía Estrada Garzón

Sofia Torres Sepúlveda

Trabajo de investigación presentado a líneas de investigación IV

Investigadora Principal

Eridia Dinora Castaño Mora,

Química Farmacéutica

Coinvestigadores

Clara Helena González-Correa

Juan Carlos Carmona Hernández

Asesores de recursos académicos: Juan Pablo Charry Osorio (asesor bibliográfico)

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias de la Salud

Medicina

Manizales, Caldas, Colombia

2025

Citar/How to cite	Castaño Mora et al. (1)
Referencia/Reference (1)	Castaño Mora ED, Díazgranados Pinzón A, Pérez Espitia E, Pardo Manrique EM, Fehrenbacher L, Buelvas Tatis NS, et al. Consumo de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>) y papaya (<i>Carica papaya</i>) y relación con los niveles de glicemia en estudiantes de medicina [Trabajo de grado profesional]. Manizales, Colombia. Universidad de Manizales; 2025.
Estilo/Style: Vancouver/ICMJE (2018)	

Grupo de Investigación Médica
 Facultad de Ciencias para la Salud
 Semillero de Investigación Farmacéutica
 Líneas de investigación
 Medicina

Declaración de inteligencia artificial: el o los autores de este trabajo de grado declaran que han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA), tales como [mencionar herramientas utilizadas, por ejemplo, ChatGPT, Grammarly, Turnitin, Copilot, Gemini, entre otras], de manera ética y responsable, tal como se establece en el Acuerdo UManizales 002 (julio 26 de 2023) sobre propiedad intelectual e IA. Estas herramientas son empleadas como apoyo en la redacción, revisión gramatical y generación de ideas, pero en ningún caso sustituyen el análisis crítico, la argumentación académica ni la originalidad del trabajo. Asimismo, cualquier contenido generado con asistencia de IA está citado y referenciado adecuadamente, garantizando la integridad académica y el cumplimiento de los principios éticos de la investigación.

Biblioteca y Centro de Recursos: <https://biblioteca.umanizales.edu.co/>

Repositorio Institucional: <http://ridum.umanizales.edu.co/>

Universidad de Manizales: www.umanizales.edu.co

Revistas: <http://revistasum.umanizales.edu.co/>

Fondo Editorial: <https://editorialum.umanizales.edu.co/>

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Manizales ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

Damos nuestros más sinceros agradecimientos a **Carmen Serna Hurtado** por su excelente y comprometido apoyo a la toma y procesamiento de muestras, así como a al proceso logístico para la preparación y suministro del jugo de tomate de árbol y papaya. Su apoyo fue crucial para la obtención y análisis de resultados.

Resumen

Introducción: La Diabetes Mellitus es una de las enfermedades crónicas más frecuentes y una creciente amenaza para la salud pública. En Colombia, su prevalencia aumenta junto con factores como la obesidad y el sedentarismo. Una dieta rica en compuestos antioxidantes, como los presentes en el tomate de árbol y la papaya, podría ayudar a disminuir los niveles de glicemia. **Materiales y métodos:** Se evaluaron parámetros antropométricos y bioquímicos en 33 estudiantes de medicina de la Universidad de Manizales, 24 mujeres y 9 hombres, con edades entre 18 y 35 años, se excluyeron sujetos con diagnóstico de diabetes mellitus. El estudio fue aprobado por el Comité de Bioética institucional (CBE01_2023). Se aplicó una encuesta de hábitos alimentarios, se tomaron muestras de sangre y orina antes y después del consumo de jugo de tomate de árbol y papaya. La cuantificación de niveles de glicemia y polifenoles se realizó por espectrofotometría. **Resultados:** En relación con correlación entre los niveles de glicemia y polifenoles antes del jugo se observó una relación negativa ($r = -0,108$) sin significancia estadística ($p = 0,549$). Las correlaciones después del jugo mostraron valores positivos ($r = 0,457$) sin significancia estadística ($p = 0,008$). El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,209$), indicó que aproximadamente el 20,9% de la variabilidad en la glicemia post consumo puede explicarse por las concentraciones de polifenoles. Los datos pueden sugerir probablemente que a valores altos de polifenoles se disminuyen los niveles de glicemia, pero se requiere una muestra significativa y un tiempo más prologando de suministro del jugo. Tras el consumo agudo del jugo de tomate de árbol con papaya, se observó una disminución promedio de 3,37 mg/dL en la glicemia y un incremento del 46,2% en la excreción urinaria de polifenoles. **Conclusiones:** El

consumo de jugo de tomate de árbol y papaya se asoció con un aumento significativo de polifenoles urinarios y a una posible reducción de la glicemia capilar, evidenciando un efecto favorable sobre la modulación glucémica en adultos jóvenes. La correlación inversa entre polifenoles y glicemia respalda el posible papel protector de los compuestos bioactivos presentes en estas frutas. Además, los hallazgos antropométricos destacan la importancia de implementar estrategias preventivas desde etapas tempranas. En conjunto, los resultados sugieren que el consumo de jugos funcionales ricos en polifenoles podría contribuir a la prevención de alteraciones metabólicas en población joven.

Palabras clave: Tomatillo, papaya, polifenoles, glicemia, estudiantes universitarios.

Abstract

Introduction: Diabetes mellitus is one of the most common chronic diseases and a growing threat to public health. In Colombia, its prevalence is increasing along with factors such as obesity and sedentary lifestyles. A diet rich in antioxidants, such as those found in tree tomatoes and papaya, could help lower blood sugar levels. **Materials and methods:** Anthropometric and biochemical parameters were evaluated in 33 medical students at the University of Manizales, 24 women and 9 men, aged between 18 and 35 years, excluding subjects diagnosed with diabetes mellitus. The study was approved by the Institutional Bioethics Committee (CBE01_2023). A survey of eating habits was conducted, and blood and urine samples were taken before and after consumption of tree tomato and papaya juice. Blood glucose and polyphenol levels were quantified by spectrophotometry. **Results:** Regarding the correlation between blood glucose levels and polyphenols before juice consumption, a negative relationship ($r = -0.108$) was observed, without statistical significance ($p = 0.549$). Correlations after juice consumption showed positive values ($r = 0.457$) without statistical significance ($p = 0.008$). The coefficient of determination ($R^2 = 0.209$) indicated that approximately 20.9% of the variability in post-

consumption blood glucose can be explained by polyphenol concentrations. The data may suggest that high polyphenol values decrease blood glucose levels, but a significant sample size and a longer juice supply period are required. After acute consumption of tree tomato juice with papaya, an average decrease of 3.37 mg/dL in blood glucose and a 46.2% increase in urinary polyphenol excretion were observed. **Conclusions:** Consumption of tree tomato and papaya juice was associated with a significant increase in urinary polyphenols and a possible reduction in capillary blood glucose, demonstrating a favorable effect on glycemic modulation in young adults. The inverse correlation between polyphenols and blood glucose supports the possible protective role of the bioactive compounds present in these fruits. In addition, the anthropometric findings highlight the importance of implementing preventive strategies from an early age. Taken together, the results suggest that the consumption of functional juices rich in polyphenols could contribute to the prevention of metabolic disorders in young people.

Keywords: Tomatillo, papaya, polyphenols, blood sugar, university students.

1. Introducción

La diabetes mellitus representa una amenaza creciente para la salud pública global. Según la OMS, en 2014 existían 422 millones de adultos con diabetes, cifra que ascendió a 425 millones en 2017 y podría alcanzar los 642 millones para 2040 si no se aplican medidas eficaces (1). Este fenómeno afecta tanto a países desarrollados como en desarrollo, siendo China, India y EE. UU. los más impactados (2).

La diabetes mellitus tipo 2 constituye un problema de salud pública de creciente magnitud en Latinoamérica. Su prevalencia ha aumentado de forma constante en los últimos años, especialmente en adultos jóvenes entre los 18 y 55 años. Entre los principales factores de riesgo se destacan los hábitos alimentarios inadecuados, el sedentarismo, la obesidad, el consumo de alcohol y el tabaquismo. Dado que la mayoría de estos factores son modificables, la promoción de estilos de vida saludables y la

educación en alimentación equilibrada son estrategias fundamentales para prevenir la aparición de la enfermedad y disminuir sus complicaciones. (3)

En Colombia, la diabetes tipo 1 en niños y adolescentes representa un reto creciente para el sistema de salud, pues impacta no solo el control clínico, sino también la calidad de vida de los pacientes y sus familias (4). En Colombia, la carga de enfermedad por diabetes continúa siendo un problema relevante de salud pública. Para 2019 se registraron 7.171 muertes atribuidas a la diabetes, de las cuales el 34 % ocurrieron en personas entre los 30 y 69 años. Aunque la tasa de mortalidad estandarizada por edad ha mostrado una ligera tendencia descendente en ambos sexos durante el periodo 2000–2019, los años vividos con discapacidad se mantienen estables, lo que refleja un aumento en la morbilidad crónica asociada a la enfermedad. Estos datos evidencian la necesidad de fortalecer las estrategias de prevención y control dirigidas a los factores de riesgo modificables y al manejo integral del paciente diabético (5).

En Manizales, un estudio reveló que el 14.4% de los participantes presentaban alto riesgo de diabetes, pero solo el 31.9% se realizó pruebas de glucemia. El 37.5% de estos tenía alteraciones glicémicas y el 8.3% ya tenía diagnóstico de diabetes. Este panorama resalta la importancia de estrategias de tamizaje y educación en salud. El sobrepeso y la obesidad, presentes en un 42.7% y 12.5% respectivamente, agravan el riesgo (5).

Diversos factores de riesgo como la inactividad física, una dieta deficiente y predisposición genética son conocidos. En este contexto, se ha resaltado que tanto la adopción de una dieta saludable como la práctica regular de actividad física son pilares fundamentales en la prevención de la diabetes. Una alimentación que incluya alimentos ricos en polifenoles y flavonoides, como la mora azul, la manzana, la pera y la fresa, pueden contribuir a modular la resistencia a la insulina, mientras que el ejercicio ayuda a mejorar la sensibilidad a la misma y a controlar el peso corporal, potenciando así el efecto protector frente al desarrollo de la enfermedad (6).

Un estudio desarrollado en 2023 por Rogers y González Arias en estudiantes universitarios de Bogotá reveló una tendencia marcada hacia el consumo de dietas omnívoras con predominio de alimentos ultraprocesados y comidas rápidas. La investigación también identificó deficiencias en la ingesta de frutas, verduras y productos lácteos, así como la omisión frecuente de comidas principales, atribuida principalmente al estrés académico y a la falta de tiempo. Estos comportamientos alimentarios ponen en riesgo la salud nutricional y el rendimiento académico de los estudiantes, por lo que los investigadores destacan la importancia de implementar estrategias institucionales que promuevan hábitos alimenticios saludables dentro de las universidades (7).

De acuerdo con lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo analizar la relación entre el consumo de jugo de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y papaya (*Carica papaya*) y los niveles de glicemia en estudiantes de medicina de la Universidad de Manizales en el segundo semestre de 2024. Considerando la creciente prevalencia de la diabetes y la importancia de adoptar hábitos alimenticios saludables, resulta pertinente evaluar si estas frutas, reconocidas por su contenido de compuestos bioactivos y su potencial efecto en la reducción de la glucosa sanguínea, pueden contribuir a prevenir o retardar la aparición de alteraciones metabólicas. En este sentido, se plantea la pregunta de investigación: **¿Cuál es la relación entre el consumo de tomate de árbol y papaya y los niveles de glicemia en estudiantes de medicina de la Universidad de Manizales?**

2. Justificación

El riesgo cardiometabólico comienza a configurarse desde la juventud y se ve potenciado por hábitos dietarios y estilos de vida propios del entorno universitario. En este contexto, explorar intervenciones sencillas, asequibles y culturalmente cercanas adquiere relevancia preventiva. Frutas locales como el tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y la papaya (*Carica papaya*) reúnen características nutricionales — polifenoles, carotenoides y fibra— con plausibilidad biológica para modular la respuesta glucémica mediante efectos antioxidantes, regulación de la digestión de carbohidratos y

posible influencia sobre vías incretínicas. Sin embargo, la evidencia en adultos jóvenes sanos, particularmente en poblaciones andinas y ambientes académicos, sigue siendo limitada, lo que justifica evaluar su impacto en un escenario real como el de estudiantes de medicina de Manizales (8).

En Colombia una fruta común es el tomate de árbol, el cual administrado diariamente en forma de jugo (100g de fruto en 150 mL de agua) durante 6 semanas a 54 voluntarios adultos disminuyó de forma significativa de las concentraciones de colesterol total, colesterol LDL y glucosa en sangre, lo que sugiere que el consumo de tomate de árbol puede ayudar a controlar los niveles glucémicos y los perfiles de lípidos en personas con riesgo cardiovascular (9).

El presente estudio aborda una necesidad concreta de salud pública universitaria con una intervención de fácil adopción (jugo combinado de tomate de árbol y papaya) y un diseño que favorece la validez interna: caracterización dietaria y antropométrica, medición estandarizada de glicemia y uso de un biomarcador objetivo de exposición (polifenoles urinarios) (10). Al integrar medidas clínicas con un marcador biológico, los hallazgos podrán traducirse en recomendaciones prácticas para la salud estudiantil. La evidencia indica que los polifenoles modulan la absorción de glucosa al inhibir transportadores intestinales como SGLT1 y GLUT2, atenuando los picos posprandiales y mejorando la respuesta insulínica (11). En síntesis, generar evidencia local sobre el efecto de esta bebida en la glicemia aporta valor científico y aplicabilidad inmediata, con potencial de escalamiento a programas de bienestar institucional y a estrategias de prevención desde la atención primaria.

3. Metodología

Los sujetos de estudio fueron un total de 33 estudiantes de medicina, 24 mujeres (72.7%) y 9 hombres (27.3%) con edades entre los de 18 y 35 años, quienes declararon su voluntad de participar en el presente estudio. Este proyecto se llevó a cabo siguiendo los principios de bioética estipulados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para

la realización de investigaciones en seres humanos (12), fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Manizales con número de registro CBE01_2023. Todos los participantes fueron notificados adecuadamente sobre la estrategia, los alcances y objetivos del proyecto de investigación y, firmaron el consentimiento informado correspondiente.

Al inicio del estudio, se les aplicó a los voluntarios, una encuesta con el fin de recolectar información sobre sus estilos de vida y valoración nutricional. Se excluyeron sujetos con diagnóstico de diabetes mellitus. El estudio incluyó la recolección de muestras de sangre y orina en dos momentos: Antes y después del consumo de jugo de tomate de árbol y papaya, los niveles de glicemia y polifenoles fueron determinados por espectrofotometría.

3.1 Cuantificación inicial de polifenoles del tomate de árbol y papaya por espectrofotometría (curva de ácido gálico)

Antes del suministro del juego se cuantificó la concentración total de polifenoles en las frutas con el objetivo de determinar un valor promedio de suministro a los estudiantes en cada toma. Se pesaron 10 g de pulpa de tomate de árbol y 10 g de papaya, diluidos en etanol en proporción 5:1 y sometidos a agitación durante 20 minutos. Las muestras se conservaron en condiciones controladas hasta su análisis. Las muestras obtenidas fueron procesadas mediante el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu utilizando una curva de calibración de ácido gálico como patrón externo, se empleó carbonato de sodio como reactivo alcalino. Se prepararon diluciones en dos tiempos de incubación (3 y 24 horas), junto con una solución blanco. Posteriormente, se midió la absorbancia a 655 nm en un espectrofotómetro. La concentración de polifenoles en el extracto se obtuvo a partir de la ecuación de la recta (Concentración del extracto = $(A - b) / m$, donde A es la absorbancia medida y m y b la pendiente e intercepto de la curva), y posteriormente se calculó a masa fresca, corrigiendo por el factor de dilución y la masa

de muestra empleada en la extracción. Las concentraciones finales de polifenoles se expresaron en miligramos equivalentes de ácido gálico por mililitro (mg GAE/mL).

3.2 Primera fase del estudio

Esta fase se realizó antes de la toma del jugo de tomate de árbol y papaya, estuvo compuesta por la encuesta sociodemográfica, valoración nutricional, pruebas antropométricas, cuantificación de glicemia por glucometría y espectrofotometría y cuantificación de polifenoles por espectrofotometría.

Encuesta sociodemográfica

Se aplicó una encuesta sociodemográfica a todos los participantes con el propósito de obtener información general que permitiera caracterizar la muestra. Esta encuesta incluyó variables relacionadas con la edad, el sexo, el lugar de procedencia, consumo de tabaco, actividad física y antecedentes de diabetes mellitus. El cuestionario se diligenció en formato digital y fue aplicado de manera individual, lo que garantizó la confidencialidad de las respuestas y redujo la posibilidad de sesgos derivados de la interacción entre los encuestados.

Valoración nutricional (Encuesta recordatorio 24H)

Se aplicó una encuesta de recordatorio de 24 horas a los participantes con el fin de registrar la ingesta alimentaria del día anterior. El cuestionario incluyó preguntas sobre cada una de las comidas principales (desayuno, almuerzo y cena), así como sobre los refrigerios consumidos entre ellas. También se solicitó información acerca del tipo y la cantidad de líquidos ingeridos. La aplicación de la encuesta se realizó de forma individual y presencial, asegurando la recolección completa y ordenada de la información.

Pruebas antropométricas

Se midieron variables como: altura, peso, porcentaje de grasa corporal, circunferencia del brazo dominante, circunferencia de la cintura, el pliegue del tríceps y la fuerza mediante dinamometría con tres mediciones:

Altura: Se midió sin calzado, en posición erguida y los talones juntos en posición vertical junto a la pared. La medición se realizó con un tallímetro marca KRAMER, este ubicado en la pared permitiendo que el participante se recostara de espaldas con estas instrucciones para medir la altura en centímetros.

Peso y porcentaje de grasa corporal: Se midieron con una báscula marca TANITA utilizando bioimpedancia eléctrica. El participante se subió a la báscula descalzo, apoyando los talones y los dedos de los pies en la marca de los electrodos situada en la báscula. Allí se configuró primero el sexo y la altura correspondiente de cada participante para poder arrojar el resultado.

Circunferencia del brazo y de la cintura: primero se midió la longitud del brazo desde la clavícula hasta el codo, y posteriormente la circunferencia en la parte media del brazo. Para la medición de la cintura, se utilizó como referencia ambas fosas iliacas anterosuperiores. Para estas medidas utilizamos la ayuda de una cinta métrica.

Pliegue del tríceps: Se midió un centímetro por encima de la parte medial del brazo dominante, donde se tomó el pliegue de la piel de esta zona utilizando un adipómetro marca SLIMGUIDE, donde el resultado se media en milímetros.

Fuerza: Para la medición el participante permaneció en posición de sedestación, con las piernas en un ángulo de 90 grados, los hombros estuvieron en una posición recta, el brazo dominante estuvo en un ángulo de 90° a un lado del cuerpo sosteniendo en dinamómetro marca JAMAR. La medición se realizó en 3 rondas de 5 segundos donde

el participante presionó los dos mangos del dinamómetro con su máxima fuerza, dándole 30 segundos de descanso en cada medición.

Cuantificación de glicemia por glucometría

La glicemia se midió mediante un glucómetro portátil calibrado antes de cada uso. La muestra se obtuvo por punción digital utilizando lancetas estériles, siguiendo las normas básicas de bioseguridad. Los valores registrados se consignaron en una base de datos digital para su posterior análisis.

Cuantificación de polifenoles por espectrofotometría en muestras de orina

Este procedimiento empleó un método colorimétrico basado en la reacción con el reactivo de Folin-Ciocalteu para cuantificar la concentración de polifenoles presentes en muestras de orina.

Entre los reactivos y productos químicos se incluyen: acetona, etanol, carbonato de sodio y el reactivo de Folin-Ciocalteu (PanReac AppliChem, ITW Reagents, Darmstadt, Alemania); acetonitrilo y metanol (Sigma Aldrich, St. Louis, MO, EE. UU.); nitrito de sodio y cloruro de aluminio (LOBA Chemie, Mumbai, India); e hidróxido de sodio (EMSURE Merck, Darmstadt, Alemania). Los estándares utilizados para HPLC incluyen quercetina y kaempferol (MP Biomedicals, Irvine, CA, EE. UU.); así como ácido ascórbico y DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) adquiridos de Sigma-Aldrich (Merck KGaA, Darmstadt, Alemania).

Las muestras fueron recolectadas, se midieron 8 mL de orina en tubos Falcon y se centrifugaron durante 7 minutos a 3500 rpm. El sobrenadante se transfirió por duplicado a tubos Eppendorf de 2.5 mL. Para la determinación de polifenoles totales, se mezclaron 200 µL de muestra de orina con 800 µL de agua destilada y 1 mL del reactivo Folin-Ciocalteu (dilución 1:10). Tras una incubación inicial de 2 minutos, se añadieron 2 mL de solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3 al 3.5% p/v). La mezcla se incubó durante 90 minutos a temperatura ambiente, protegida de la luz. Se midió la absorbancia a 655 nm

mediante un espectrofotómetro. Los niveles de polifenoles se obtuvieron a partir de una curva de calibración construida con ácido gálico. El contenido total de polifenoles (TPC) se expresa como miligramos de equivalente de ácido gálico (GAE) por mililitro de orina (mg GAE/mL).

Cuantificación de glucosa por espectrofotometría

Las muestras analizadas correspondieron a suero obtenido a partir de sangre venosa. Se preparó el blanco con 1000 μ L de reactivo, el estándar con 1000 μ L de reactivo más 10 μ L de patrón y la muestra con 1000 μ L de reactivo de reactivo más 10 μ L de muestra. El tiempo de reacción fue de 10 minutos a temperatura ambiente. Las absorbancias de las muestras fueron leídas a 500 nm frente al blanco; el color permaneció estable ≥ 2 h. Todas las muestras fueron analizadas por triplicado.

La concentración de glucosa en sangre se determinó mediante un método enzimático colorimétrico GOD–POD (glucosa oxidasa–peroxidasa). El principio analítico constó de dos etapas acopladas: (I) Oxidación específica de la D-glucosa por glucosa oxidasa, con formación de ácido D-gluconico y peróxido de hidrógeno: $\text{Glucosa} + \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ácido D-gluconico} + \text{H}_2\text{O}_2$; (II) Reacción cromogénica del H_2O_2 en presencia de peroxidasa, fenol y 4-aminoantipirina para generar quinonaimina coloreada, cuya absorbancia es proporcional a la concentración de glucosa.

Se utilizó reactivo listo para uso (códigos COD 11803/11503/11504/11538), con la siguiente composición: Fosfatos 100 mmol/L, fenol 5 mmol/L, glucosa oxidasa > 10 U/mL, peroxidasa > 1 U/mL, 4-aminoantipirina 0,4 mmol/L; pH 7,5. Como patrón primario acuoso se empleó glucosa 100 mg/dL (5,55 mmol/L).

La concentración de glucosa en cada muestra se calculó con base a la siguiente ecuación, los resultados fueron expresados en miligramos por decilitro (mg/dL):

$$\frac{\text{Absorbancia nm muestra}}{\text{Absorbancia nm patrón}} \times C \text{ patrón mg/dL} = C \text{ muestra}$$

3.3 Segunda fase del estudio

Preparación y suministro del jugo de tomate de árbol y papaya

El jugo se preparó con 100 g de pulpa de tomate de árbol (incluyendo semillas) y 25 g de papaya (solo pulpa), licuados en 150 mL de agua y posteriormente colados para obtener una mezcla homogénea. La bebida fresca se administró durante dos semanas consecutivas de lunes a viernes. Al finalizar la segunda semana se recolectaron muestras de sangre y orina en ayunas.

Análisis de muestras de sangre y orina

Las muestras de sangre y orina fueron analizadas por glucometría y espectrofotometría de la misma forma que en la fase uno.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS versión 30.0.0.0 (172). La normalidad de las variables se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, confirmando una distribución normal para los datos. La relación entre las variables cuantitativas se evaluó a través del coeficiente de correlación de Pearson (r), con el objetivo de determinar la correlación entre los niveles de polifenoles, IMC, circunferencia de cintura y glicemia sérica. Se estableció el nivel de significancia estadística en $p < 0.05$, se planteó como no significativo diferencias o asociaciones con valores de p superiores a este valor.

4. Marco teórico

El tomate de árbol (*Solanum betaceum*), una fruta subtropical rica en carotenoides y polifenoles ha mostrado efectos beneficiosos en la reducción de glucosa y lípidos en adultos con riesgo cardiovascular. Los carotenoides, poseen una alta capacidad antioxidante, actúan como donadores de electrones que neutralizan radicales libres, protegiendo las células del daño oxidativo y favoreciendo la regulación metabólica, lo que podría contribuir a disminuir el riesgo de hiperglucemia. (13). Entre sus componentes se destacan flavonoles (kaempferol), flavanonas (naringina) y antocianinas como cianidina y pelargonidina, así como carotenoides como β -caroteno, luteína y β -criptoxantina. Estos compuestos tienen acción antioxidante y antiinflamatoria, y pueden proteger frente a la hiperglucemia al interferir en rutas bioquímicas clave (14).

El ácido rosmarínico, otro polifenol presente en diversas plantas también ha mostrado efectos positivos el cual se ha relacionado con la regulación del estrés oxidativo causado por hiperlipidemia e hiperglucemia, reduciendo el riesgo de glicolipototoxicidad en tejidos como el pancreático o modulando la actividad de enzimas antioxidantes en órganos como el hígado y los riñones (15).

Los polifenoles inhiben la formación de productos finales de glicación avanzada (AGEs), mejoran la función pancreática y modulan el metabolismo de la glucosa mediante mecanismos como inhibición enzimática, regulación de transportadores de glucosa e incremento de la secreción de incretinas (16).

Los polifenoles del tomate de árbol pueden modular el metabolismo de la glucosa mediante varios mecanismos. Actúan formando complejos con carbohidratos, reduciendo su digestión y absorción. Éstos también pueden estimular la secreción de insulina a través del receptor de GLP-1 y bloquear la acción del glucagón, promoviendo una mejor homeostasis glucémica (17).

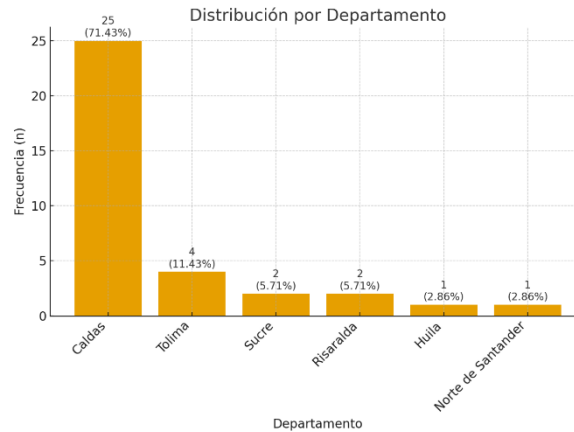
En conjunto, estos hallazgos sugieren que los compuestos fenólicos del tomate de árbol podrían reducir el estrés oxidativo y la inflamación asociados con la hiperglucemia, contribuyendo así a la prevención de complicaciones metabólicas.

5. Resultados

Se incluyeron en el estudio un total de 33 participantes, de los cuales 24 correspondieron al sexo femenino (72,7%) y 9 al sexo masculino (27,3%). Los participantes tuvieron un rango de edad comprendido entre los 18 y 35 años. En las mujeres, el intervalo fue de 18 a 35 años, con mayor concentración en los rangos de 19 a 21 años, donde se ubicaron 14 de las 24 mujeres (58,3%). En el grupo masculino, las edades oscilaron entre 19 y 35 años, aunque con menor dispersión, destacando que el 66.7% de los hombres se encontraban en el rango de 19 a 22 años.

En relación con al lugar de procedencia se observó un predominio marcado de estudiantes provenientes del departamento de Caldas, con 25 participantes (71,43%). Este grupo representó casi tres cuartas partes de la muestra, lo que refleja la fuerte influencia regional de esta zona en la población analizada. En menor proporción, participaron 4 estudiantes de Tolima (11,43%), 2 de Sucre (5,71%) y 2 de Risaralda (5,71%). Y, finalmente departamentos como Huila y Norte de Santander estuvieron representados únicamente por un estudiante (2,86%), como se observa en la **gráfica 1**. Esta distribución evidencia un claro predominio regional del Eje Cafetero, particularmente de Caldas, lo cual debe considerarse al analizar los patrones alimentarios y de salud de la muestra.

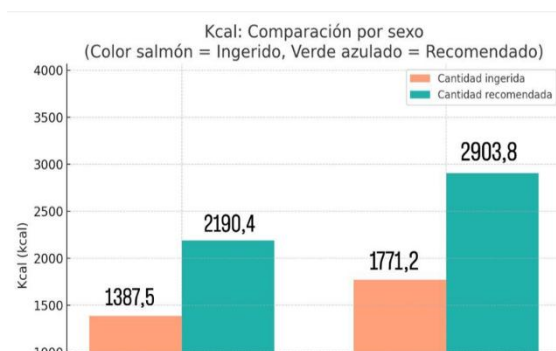
Figura 1. Distribución de participantes según departamento de procedencia Elaboración propia.



Los hábitos de vida mostraron que el 78,8% refirió no consumir tabaco, mientras que un 21,2% sí lo hacía. En cuanto a actividad física, el 54,5% manifestó practicar ejercicio regular frente a un 45,5% sedentario. El 57,6% de los participantes informo antecedentes familiares de diabetes.

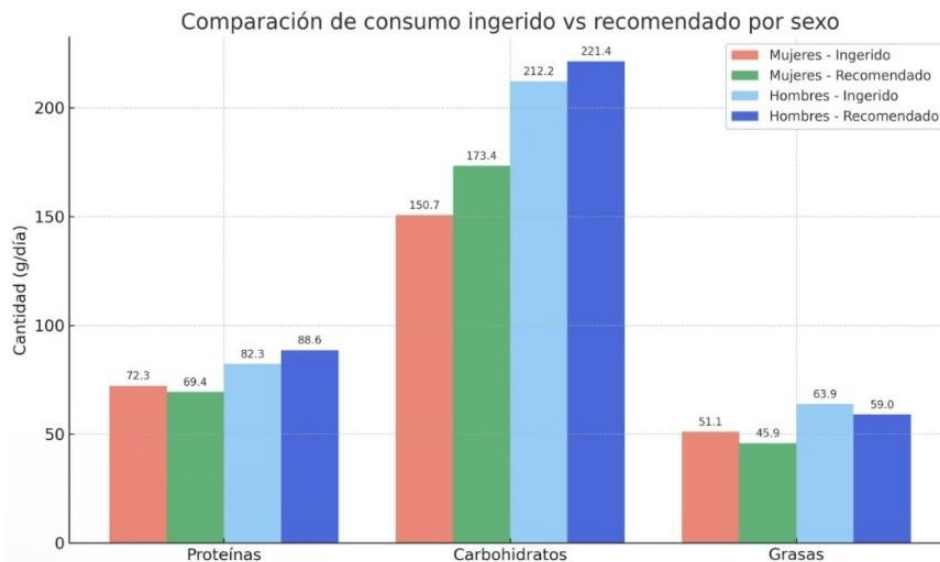
La valoración nutricional el consumo calórico promedio fue de 1.865 kcal/día, con predominio de una dieta alta en productos ultraprocesados, embutidos y lácteos. Se observó un aporte reducido de antioxidantes naturales y micronutrientes protectores. Se observó un marcado déficit energético en ambos sexos. Las mujeres presentaron un consumo promedio de 1387,5 kcal frente a 2190,4 kcal recomendadas, mientras que en los hombres la ingesta fue de 1771,2 kcal frente a 2903,8 kcal, como se observa en la **gráfica 2**. Esto representa deficiencias del 36,6% y 39,0%, respectivamente, lo que sugiere un aporte calórico insuficiente para cubrir las necesidades metabólicas básicas.

Figura 2. Comparación de consumo calórico (ingerido vs recomendado) por sexo (Kcal/día). Elaboración propia.



En cuanto a los macronutrientes, las proteínas mostraron un patrón diferenciado, en las mujeres la ingesta superó ligeramente la recomendación (72,3 g frente a lo recomendado diariamente 69,4 g), mientras que en los hombres se evidenció un leve déficit (82,3 g frente a lo recomendado diariamente 88,6 g). Los carbohidratos, por el contrario, estuvieron por debajo de lo recomendado en ambos grupos, siendo más marcado en mujeres (150,7 g frente a lo recomendado diariamente 173,4 g) que en hombres (212,2 g frente a lo recomendado diariamente 221,4 g). Respecto a las grasas, se encontró un consumo superior a lo esperado tanto en mujeres como en hombres (51,1 g frente a lo recomendado diariamente 45,9 g y 63,9 g frente a lo recomendado diariamente 59 g, respectivamente), cómo se evidencia en la **gráfica 3**, lo que indica una compensación energética a expensas de este macronutriente.

Figura 3. Comparación del consumo diario de macronutrientes (ingerido frente al recomendado) en hombres y mujeres. Elaboración propia.

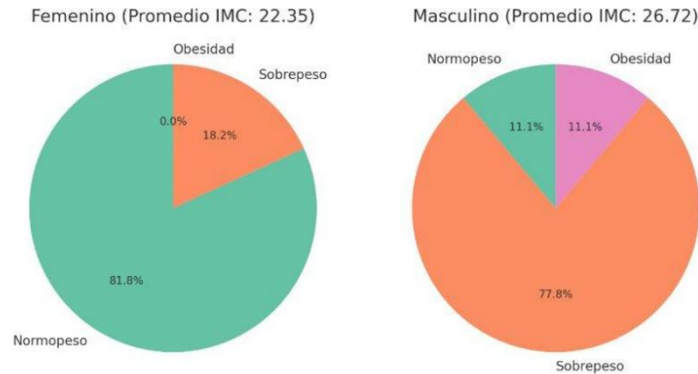


En relación con las vitaminas, se evidenció un exceso en la ingesta de vitamina A, especialmente en mujeres (1183 mcg frente a lo recomendado diariamente 700 mcg) y en menor medida en hombres (1154,5 mcg frente a lo recomendado diariamente 900 mcg). En contraste, la vitamina D mostró deficiencias graves en ambos sexos, con ingestas que alcanzaron apenas el 18-20% de lo recomendado (110,4 UI en mujeres y 118,7 UI en hombres frente a 600 UI). De manera similar, la vitamina K se encontró por

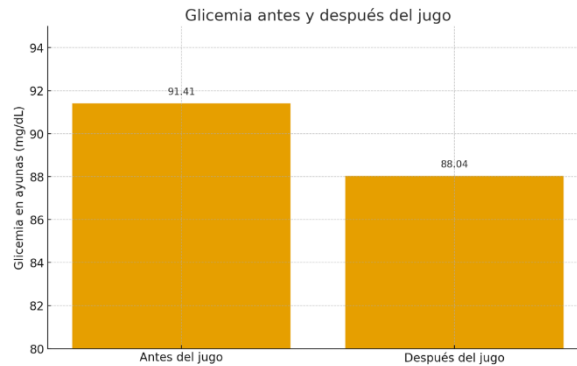
debajo de los valores de referencia, con déficits de entre el 24% y 29% según el sexo. Finalmente, la vitamina C presentó un comportamiento dispar: mientras las mujeres alcanzaron el 81% de la recomendación (59,8 mg frente a lo recomendado diariamente 73,5 mg), los hombres apenas lograron el 40% (35,8 mg frente a lo recomendado diariamente 88,8 mg).

La circunferencia de cintura (CC) presentó un rango comprendido entre 28,0 y 95,5 cm, con una media general de 81,24cm. Según los puntos de corte establecidos por la OMS, se considera que en hombres una CC ≥ 94 cm indica riesgo cardiovascular aumentado y ≥ 102 cm riesgo muy alto; mientras que en mujeres los puntos de corte son ≥ 80 cm y ≥ 88 cm, respectivamente. En el grupo femenino, el promedio general de CC (81,24 cm) se ubica ligeramente por encima del punto de corte de 80 cm, lo que sugiere que una proporción considerable de mujeres (al menos el 50%) podría presentar riesgo cardiovascular aumentado. Este hallazgo indica una posible predisposición al desarrollo de alteraciones metabólicas. En el grupo masculino, aunque el promedio general (81,24 cm) se encuentra por debajo del punto de riesgo (94 cm), el valor máximo observado (95,5 cm) indica que al menos un participante masculino se encontraría dentro de la categoría de riesgo aumentado o muy alto.

El análisis del IMC mostró un marcado contraste entre sexos. En las mujeres, el promedio fue de 22,35 kg/m², lo que corresponde a normopeso, el 81,8% de las participantes se clasificaron dentro de esta categoría, mientras que el 18,2% restante presentaba sobrepeso. No se registraron casos de obesidad en el grupo femenino. El grupo masculino presentó un promedio de IMC de 26,72 kg/m², dentro de la categoría de sobrepeso. El 11,1% de los hombres tenían normopeso, mientras que el 77,8% se encontraban en sobrepeso y un 11,1% en obesidad, como se muestra en la **gráfica 4**.

Figura 4. Clasificación de obesidad según IMC comparada por sexo. Elaboración propia.

Los niveles de glicemia y polifenoles se analizaron en dos momentos: antes y después del consumo de jugo de tomate de árbol y papaya. Se observó que, previo a la intervención, la mayoría de los participantes se encontraba dentro del rango de normalidad para la glicemia (<100 mg/dL), aunque algunos casos alcanzaron valores de prediabetes. Tras la intervención, las concentraciones de glicemia mostraron ligeras variaciones, sin alcanzar cambios estadísticamente significativos en la media grupal, lo que sugiere un efecto discreto del consumo agudo del jugo en la regulación glucémica. Tras el consumo del jugo de tomate de árbol con papaya, se observó una reducción promedio de 3,37 mg/dL en la glicemia en ayunas, siendo más marcada en aquellos estudiantes con valores basales más elevados dentro de la normalidad, teniendo como media, la glucosa de antes del jugo en 91,41mg/dL, y después del jugo la media de los participantes fue de 88,04mg/dL, así como se observa en la **gráfica 5**.

Figura 5. Niveles de glicemia antes y después del consumo. Elaboración propia.

En contraste, la concentración de polifenoles en orina mostró un incremento tras la ingesta del jugo, pasando de tener una media de 6,153 (mg GAE/mL) de polifenoles antes del jugo a una media de 8,994(mg GAE/mL) de polifenoles después del jugo, lo cual confirma la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos presentes en el fruto. Al dividir los participantes en categorías de polifenoles bajos, medios y altos, se evidenció que una proporción importante se desplazó hacia los niveles medios y altos en el postconsumo, reflejando una absorción efectiva. Sin embargo, la variabilidad interindividual fue considerable, posiblemente influenciada por factores como el metabolismo hepático, microbiota intestinal o el estado nutricional.

Respecto a la cuantificación de polifenoles inicial en el tomate de árbol y papaya mediante la curva de calibración del ácido gálico, se calcularon 91.17mg de polifenoles en el tomate de árbol por 100g de fruta y, 15.60 mg de polifenoles en la papaya por 100g de fruta (valores expresados en mg EAG), lo que permitió calcular un total de 106.77mg de polifenoles en el jugo de tomate de árbol y papaya. Teniendo en cuenta que el jugo estuvo preparado con 100g de tomate de árbol y 25 g de papaya, en cada jugo aproximadamente se suministraron diariamente 95.07mg de polifenoles a cada participante.

En relación con correlación entre los niveles de glicemia y polifenoles antes del jugo se observó una relación negativa ($r = -0,108$) sin significancia estadística ($p = 0,549$)

como se observa en la **gráfica 6**. Las correlaciones después del jugo mostraron valores positivos ($r = 0,457$) sin significancia estadística ($p = 0,008$). El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,209$) **gráfica 7**, indicó que aproximadamente el 20,9% de la variabilidad en la glicemia post consumo puede explicarse por las concentraciones de polifenoles. Los datos pueden sugerir probablemente que a valores altos de polifenoles se disminuyen los niveles de glicemia, pero se requiere una muestra significativa y un tiempo mas prologando de suministro del jugo.

Figura 6. Correlación entre los niveles de glicemia y polifenoles antes del jugo. Elaboración propia.

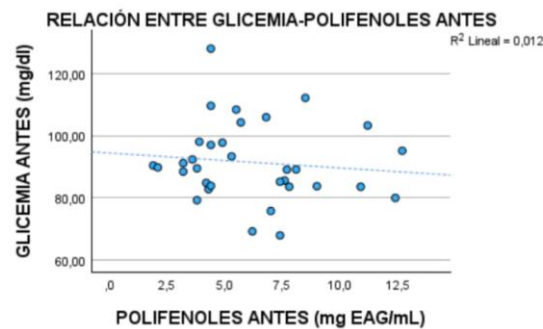
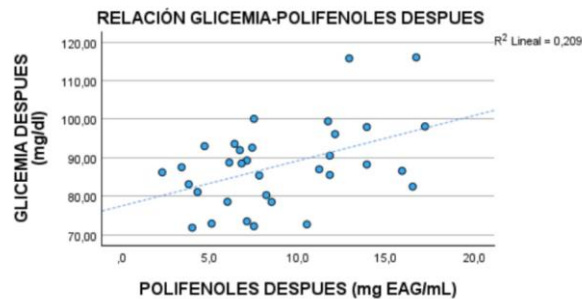


Figura 7. Correlación entre los niveles de glicemia y polifenoles después del jugo. Elaboración propia.



Se observó una correlación positiva débil entre el índice de masa corporal (IMC) y la circunferencia de cintura (CC) ($r = 0,331$; $p = 0,060$; $R^2 = 0,109$), lo que indica que aproximadamente el 10,9% de la variabilidad del IMC puede explicarse por la CC, Aunque la asociación no alcanzó significancia estadística, la tendencia muestra que a mayor CC,

mayor es el IMC, lo cual es clínicamente relevante dado que ambas variables están relacionadas con riesgos metabólicos.

6. Discusión

El presente estudio evaluó los efectos agudos del consumo de jugo de tomate de árbol combinado con papaya sobre parámetros bioquímicos, nutricionales y antropométricos en adultos jóvenes. Los hallazgos obtenidos permiten reflexionar sobre la relación entre el perfil nutricional de los participantes, la biodisponibilidad de compuestos bioactivos y la respuesta metabólica inmediata frente a la intervención.

En primer lugar, la caracterización de la muestra mostró un predominio femenino y una cohorte compuesta principalmente por adultos jóvenes, en quienes los parámetros metabólicos suelen mantenerse estables. Sin embargo, se identificaron antecedentes familiares de enfermedades metabólicas en más de la mitad de los participantes, lo cual constituye un factor de riesgo relevante para el desarrollo futuro de alteraciones cardiometabólicas. Asimismo, los hábitos alimentarios revelaron un déficit calórico generalizado y una dieta con alta proporción de ultraprocesados y bajo aporte de antioxidantes, situación que podría modular de forma negativa la respuesta a los polifenoles dietarios, como lo han reportado estudios previos sobre el impacto de la calidad de la dieta en la absorción de compuestos fenólicos.

En cuanto al estado nutricional, se observaron diferencias marcadas entre sexos: mientras las mujeres presentaron normopeso en la mayoría de los casos, los hombres mostraron un predominio de sobrepeso y obesidad, lo que concuerda con investigaciones que señalan una mayor vulnerabilidad metabólica en varones jóvenes, especialmente en contextos de sedentarismo. La correlación positiva entre IMC y circunferencia de cintura, aunque débil y no significativa, resulta clínicamente relevante, ya que ambas variables son predictores reconocidos de riesgo y síndrome metabólicos.

En relación con el análisis bioquímico, los niveles de glicemia mostraron una reducción tras el consumo del jugo, efecto que, aunque no alcanzó significancia estadística, apunta hacia un posible impacto hipoglucemiante agudo. Resultados similares han sido descritos en estudios con frutas ricas en polifenoles, donde la ingesta inmediata favorece una mejor respuesta glucémica postprandial debido a la modulación de enzimas digestivas y transportadores de glucosa. Este hallazgo cobra mayor importancia considerando que la mayoría de los participantes tenían glicemias basales dentro de la normalidad, lo que sugiere un efecto preventivo más que correctivo.

Por otra parte, la concentración de polifenoles en orina se incrementó tras la ingesta del jugo, confirmando la biodisponibilidad de estos compuestos. Este resultado coincide con estudios de biodisponibilidad de polifenoles en frutas tropicales, donde se reporta una excreción urinaria elevada tras consumos únicos, reflejando una rápida absorción y metabolismo. No obstante, la considerable variabilidad interindividual observada podría estar influenciada por factores como la microbiota intestinal, el metabolismo hepático o diferencias en el estado nutricional, aspectos ampliamente documentados en la literatura como moduladores de la utilización de compuestos fenólicos.

Las correlaciones entre glicemia y polifenoles aportan un matiz interesante, antes de la intervención, la relación fue negativa muy débil y no significativa, lo que sugiere independencia entre ambos parámetros en condiciones basales. Sin embargo, después del consumo del jugo se observó una correlación positiva moderada y significativa. Este hallazgo puede interpretarse como un indicio de interacción metabólica aguda, en la que los polifenoles podrían modular la glucemia a través de mecanismos como la inhibición de la α -glucosidasa o la mejora en la sensibilidad a la insulina, como lo han reportado otros estudios en frutas ricas en antocianinas y flavonoides.

Finalmente, la cuantificación de polifenoles en las frutas utilizadas confirmó que tanto el tomate de árbol como la papaya son fuentes relevantes de compuestos fenólicos.

Este aporte combinado respalda la utilidad de la bebida como una estrategia alimentaria accesible para potenciar la ingesta de antioxidantes en poblaciones jóvenes, que suelen presentar deficiencias en la ingesta de frutas y verduras frescas.

En conjunto, los resultados sugieren que el consumo agudo de jugo de tomate de árbol con papaya puede ejercer efectos metabólicos potencialmente beneficiosos, asociados a la biodisponibilidad de polifenoles. Sin embargo, la magnitud de los efectos observados y la variabilidad interindividual resaltan la necesidad de estudios longitudinales con un mayor tamaño muestral y un consumo sostenido en el tiempo para confirmar el impacto de esta bebida en la regulación glucémica y la prevención de enfermedades metabólicas.

7. Conclusiones

El consumo de jugo de tomate de árbol y papaya se asoció con un aumento significativo en los niveles de polifenoles urinarios y una reducción de los niveles de glicemia capilar, confirmando un efecto positivo en la modulación de la glucemia en población joven.

La caracterización antropométrica evidenció que una proporción considerable de hombres presentó sobrepeso u obesidad, y en mujeres se identificaron valores de circunferencia de cintura superiores a los puntos de corte de riesgo, lo que resalta la importancia de intervenciones preventivas en esta población.

Estos resultados sugieren que la incorporación de jugos funcionales a base de frutas ricas en polifenoles puede constituir una estrategia complementaria para la prevención de alteraciones metabólicas, aun en individuos jóvenes y clínicamente sanos.

8. Referencias

1. OMS. Informe mundial sobre la diabetes. World Health Organ 2016. 2016;4. Disponible en: <https://www.paho.org/es/documentos/informe-mundial-sobre-diabetes-2016>
2. Saeedi P, Petersohn I, Salpea P, Malanda B, Karuranga S, Unwin N, et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res Clin Pract.* noviembre de 2019;157:107843. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168822719312306>
3. Acosta Ruiz LX, Angarita Merchán M, Orjuela Vargas L. *Diabetes mellitus tipo 2: Latinoamérica y Colombia, análisis del último quinquenio.* *Rev Med.* 2024;31(2):35–46. Disponible en: <https://doi.org/10.18359/rmed.6067>
4. García MI, Céspedes C, Durán P, Forero C, Coll M. Evaluación de la calidad de vida en niños y adolescentes con diabetes de tipo 1 en dos instituciones de salud, Bogotá, D. C., Colombia. *Biomédica.* 30 de marzo de 2023;43(1):83-92. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bio/v43n1/2590-7379-bio-43-01-83.pdf>
5. Organización Panamericana de la Salud. Perfil de carga de enfermedad por diabetes 2023: Colombia. Washington, D.C.: OPS/OMS; 2023 Ago 16. Disponible en: <https://www.paho.org/es/documentos/perfil-carga-enfermedad-por-diabetes-2023-colombia>
5. Giraldo González GC, Mo rón Serrano SJ, Giraldo Ceballos DF, Araque Coronado MDLÁ, Duque Gallego GC, Torres Riascos NE, et al. Riesgo de diabetes y prediabetes en Manizales, estudio RIDIMA. *Rev Colomb Endocrinol Diabetes Metab.* 21 de marzo de 2019;6(1):22-9. Disponible en: <https://revistaendocrino.org/index.php/rcedm/article/download/464/610?inline=1>
6. Pérez MA, Smith JL. The global burden of diabetes: prevalence, prevention and recommendations. *Rev Fac Med Humana [Internet].* 10 de abril de 2019 [citado 20 de febrero de 2025];19(2). Disponible en: <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/RFMH/article/view/2079>

7. Rogers B, González Arias DF. Patrones de alimentación en estudiantes universitarios de Bogotá. *Ingenio Libre*. 2023;12(22):15-28. Disponible en: https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/inge_libre/article/view/10679

8. Viera W, Samaniego I, Camacho D, Habibi N, Ron L, Sediqui N, et al. Phytochemical Characterization of a Tree Tomato (*Solanum betaceum* Cav.) Breeding Population Grown in the Inter-Andean Valley of Ecuador. *Plants*. 20 de enero de 2022;11(3):268. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35161251/>

9. Salazar-Lugo R, et al. Efecto del consumo de jugo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) sobre el perfil lipídico y las concentraciones de glucosa en adultos con hiperlipidemia, Ecuador. *Arch Latinoam Nutr Órgano Of Soc Latinoam Nutr*. 2016;66(2):121-8. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222016000200004

10. Clarke ED, Rollo ME, Collins CE, Wood L, Callister R, Philo M, Kroon PA, Haslam RL. The Relationship between Dietary Polyphenol Intakes and Urinary Polyphenol Concentrations in Adults Prescribed a High Vegetable and Fruit Diet. *Nutrients*. 2020;12(11):3431. doi:10.3390/nu12113431. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/11/3431>

11. Williamson G. Effects of polyphenols on glucose-induced metabolic changes in healthy human subjects and on glucose transporters. *Mol Nutr Food Res*. 2022;66(21):2101113. doi:10.1002/mnfr.202101113. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/mnfr.202101113>

12. Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOMS), World Health Organization (WHO). *International ethical guidelines for health-related research involving humans*. 4th ed. Geneva: CIOMS; 2016. Disponible en: <https://www.who.int/docs/default-source/ethics/web-cioms-ethicalguidelines.pdf>

13. Srivastava R. Physicochemical, antioxidant properties of carotenoids and its optoelectronic and interaction studies with chlorophyll pigments. *Scientific Reports*. 2021;11:18365. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34526535/>

14. Viera W, Samaniego I, Camacho D, Habibi N, Ron L, Sediqui N, et al. Phytochemical Characterization of a Tree Tomato (*Solanum betaceum* Cav.) Breeding

Population Grown in the Inter-Andean Valley of Ecuador. *Plants*. 20 de enero de 2022;11(3):268. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35161251/>

15. Borroel García VJ. Ácido rosmarínico, fenólicos totales y capacidad antioxidante en tres variedades de *Ocimum basilicum* L. con diferentes dosis de potasio. *Polibotánica*. 2020;47:7. Disponible en: <http://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/443>

16. Yeh WJ, Hsia SM, Lee WH, Wu CH. Polyphenols with antiglycation activity and mechanisms of action: a review of recent findings. *J Food Drug Anal*. 2017;25(1):84-92. doi:10.1016/j.jfda.2016.10.017. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9333423/>

17. Martín MD, Iriondo-DeHond A, Bilbao MDC. Efecto de los compuestos fenólicos en el metabolismo de los carbohidratos. *Rev Esp Nutr Comunitaria*. 2018;24(1):12. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6992819>