



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

INFORME DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA

TEMA:

Análisis bibliográfico sobre el impacto de las dietas bajas en carbohidratos en los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diabéticos: aplicaciones de la biotecnología nutricional en el diseño de estrategias alimentarias

Autores:

Miguel Eduardo Palma Cabello

Mayte Madelaine Reyes Aguirre

Tutor:

Msc. Edgar Morales Caluña

Milagro, 2025

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabrizio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Mayte Madelaine Reyes Aguirre** y Yo **Miguel Eduardo Palma Cabello**, en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de nuestro Grado, de Magíster en **Biotecnología**, como aporte a la Línea de Investigación **Biotecnológica** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 22 de junio del 2025

Mayte Madelaine Reyes Aguirre

C.I.: 0922968599

Miguel Eduardo Palma Cabello

CI: 0930389028

Aprobación del tutor del Trabajo de Titulación

Yo, , en mi calidad de director del trabajo de titulación, elaborado por **Mayte Madelaine Reyes Aguirre y Miguel Eduardo Palma Cabello**, cuyo tema es **Análisis bibliográfico sobre el impacto de las dietas bajas en carbohidratos en los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diabéticos: aplicaciones de la biotecnología nutricional en el diseño de estrategias alimentarias**, que aporta a la Línea de Investigación **Biotechnológica**, previo a la obtención del Grado Magíster en **Biotechnología**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 24 de agosto del 2025



FIRMAN ELABORACIÓN DEL TRABAJO
EDGAR ROLANDO
MORALES CALUZA
TRABAJOS CALIFICADOS POR **Hydrosig**

Edgar Morales.

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADO
ACTA DE SUSTENTACIÓN
MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los ocho días del mes de agosto del dos mil veinticinco, siendo las 09:00 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, Q.F PALMA CABELLO MIGUEL EDUARDO, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO SOBRE EL IMPACTO DE LAS DIETAS BAJAS EN CARBOHIDRATOS EN LOS NIVELES DE GLUCOSA SANGÜÍNEA EN PACIENTES DIABÉTICOS: APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA NUTRICIONAL EN EL DISEÑO DE ESTRATEGIAS ALIMENTARIAS.**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Phd CRUZ SARMIENTO DARIO JAVIER, Presidente(a), Ph.D. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO en calidad de Vocal; y, Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo la calificación de: 98.33 equivalente a: **EXCELENTE**.

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 10:00 horas.



firmas autografiadas por:
DARIO JAVIER CRUZ
SARMIENTO
realizar únicamente con firmas

Phd CRUZ SARMIENTO DARIO JAVIER
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



firmas autografiadas por:
JUAN DIEGO
VALENZUELA COBOS
realizar únicamente con firmas

Ph.D. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO
VOCAL



firmas autografiadas por:
DELIA DOLORES
NORIEGA VERDUGO
realizar únicamente con firmas

Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



firmas autografiadas por:
MIGUEL EDUARDO
PALMA CABELLO
realizar únicamente con firmas

Q.F PALMA CABELLO MIGUEL EDUARDO
MAGISTER

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADO
ACTA DE SUSTENTACIÓN
MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los ocho días del mes de agosto del dos mil veinticinco, siendo las 09:00 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, Q.F REYES AGUIRRE MAYTE MADELAINE, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO SOBRE EL IMPACTO DE LAS DIETAS BAJAS EN CARBOHIDRATOS EN LOS NIVELES DE GLUCOSA SANGUÍNEA EN PACIENTES DIABÉTICOS: APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA NUTRICIONAL EN EL DISEÑO DE ESTRATEGIAS ALIMENTARIAS.**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Phd CRUZ SARMIENTO DARIO JAVIER, Presidente(a), Ph.D. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO en calidad de Vocal; y, Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo la calificación de: **98.33 equivalente a: EXCELENTE.**

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 10:00 horas.



Firmado digitalmente por:
**DARIO JAVIER CRUZ
SARMIENTO**
Fecha: 2025.08.08 09:00

Phd CRUZ SARMIENTO DARIO JAVIER
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado digitalmente por:
**JUAN DIEGO
VALENZUELA COBOS**
Fecha: 2025.08.08 09:00

Ph.D. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO
VOCAL



Firmado digitalmente por:
**DELIA DOLORES
NORIEGA VERDUGO**
Fecha: 2025.08.08 09:00

Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado digitalmente por:
**MAYTE MADELAINE
REYES AGUIRRE**
Fecha: 2025.08.08 09:00

Q.F REYES AGUIRRE MAYTE MADELAINE
MAGISTER

Agradecimientos

Expreso mi profundo agradecimiento a los docentes y asesores que guiaron el desarrollo de esta tesis con paciencia, compromiso y dedicación. Su experiencia y orientación fueron fundamentales para alcanzar este objetivo académico.

También agradezco de todo corazón a mi familia, por ser mi base y mi refugio en todo momento. A mi esposo, por su comprensión, apoyo incondicional y por acompañarme con amor en cada paso de este proceso. A mi hijo Liam, quien con su ternura y alegría me dio la fuerza necesaria para continuar, incluso en los días más difíciles. Gracias por ser mi mayor motivación y recordarme el propósito de cada esfuerzo.

Mayte Madelaine Reyes Aguirre

Gracias a todas las personas y a la institución los cuales contribuyeron de alguna manera en la realización de este proyecto. Su colaboración, conocimientos compartidos y disposición fueron clave para lograr este resultado académico.

Extiendo mi más sincero agradecimiento a mi familia, por su constante apoyo, amor y comprensión durante todo este proceso. Agradezco a mi esposa por siempre estar conmigo por su ayuda incondicional y por ser el pilar y el impulso para alcanzar las metas trazadas, a mi hijo, por ser mi mayor fuente de inspiración y darme la fuerza necesaria para culminar esta etapa con determinación y esperanza.

Miguel Eduardo Palma Cabello

Dedicatorias

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría durante este proceso. Dedico este trabajo con profundo amor a mis padres y abuelos, pilares fundamentales en mi vida, por sus enseñanzas, valores y apoyo incondicional.

A mis hermanos, por su compañía y constante aliento en cada etapa de este camino, y a todas las personas que, con palabras de aliento y compañía sincera, fueron luz en los momentos difíciles.

A mi esposo por ser mi compañero de vida y una vez más mi compañero de tesis. Y, sobre todo, a mi hijo, quien ha sido mi mayor inspiración, mi motor diario y la razón principal para nunca rendirme. Este logro es también suyo.

Mayte Madelaine Reyes Aguirre

Dedico este trabajo a mis padres y abuelos, quienes con su amor, sacrificio y ejemplo han sido la base de cada uno de mis logros. A mi esposa por siempre estar conmigo y por su ayuda incondicional. Gracias por enseñarme a perseverar y a no rendirme ante los desafíos. Esta meta alcanzada es también suya.

Miguel Eduardo Palma Cabello

Resumen

Este estudio desarrolló un análisis bibliográfico sistemático sobre el impacto de las dietas bajas en carbohidratos en los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diabéticos, integrando aplicaciones de biotecnología nutricional. El objetivo general fue evaluar la efectividad de estas intervenciones dietéticas en el manejo de la diabetes tipo 2, considerando factores individuales y tecnologías emergentes. La metodología empleó la declaración PRISMA para revisar sistemáticamente la literatura científica, seleccionando 6 estudios de alta calidad de 128 referencias iniciales, incluyendo ensayos controlados aleatorizados, estudios observacionales y revisiones sistemáticas publicados entre 2020-2025. Los resultados demostraron consistentemente que las dietas bajas en carbohidratos producen mejoras significativas en el control glucémico, con reducciones de HbA1c entre 0.28% y 7.4 mmol/mol, pérdida de peso promedio de 4.6-12.8 kg, y reducción notable en requerimientos de insulina (hasta 47% menos dosis diarias). La integración de tecnologías como monitoreo continuo de glucosa y asesoramiento personalizado potencia significativamente estos beneficios, mejorando el tiempo en rango glucémico y reduciendo la variabilidad. Las conclusiones establecen que estas dietas constituyen una herramienta terapéutica valiosa con beneficios multisistémicos, aunque la respuesta individual varía considerablemente según factores como control glucémico basal, resistencia a insulina y adherencia. La biotecnología nutricional, especialmente el monitoreo continuo y la personalización algorítmica, representa una evolución hacia la medicina de precisión en nutrición, requiriendo supervisión profesional especializada para optimizar seguridad y sostenibilidad a largo plazo.

Palabras clave: dietas bajas en carbohidratos, diabetes mellitus, control glucémico, biotecnología nutricional, hemoglobina glicosilada

Abstract

This study developed a systematic bibliographic analysis on the impact of low-carbohydrate diets on blood glucose levels in diabetic patients, integrating nutritional biotechnology applications. The general objective was to evaluate the effectiveness of these dietary interventions in managing type 2 diabetes, considering individual factors and emerging technologies. The methodology employed the PRISMA statement to systematically review scientific literature, selecting 6 high-quality studies from 128 initial references, including randomized controlled trials, observational studies, and systematic reviews published between 2020-2025. The results consistently demonstrated that low-carbohydrate diets produce significant improvements in glycemic control, with HbA1c reductions between 0.28% and 7.4 mmol/mol, average weight loss of 4.6-12.8 kg, and notable reduction in insulin requirements (up to 47% fewer daily doses). The integration of technologies such as continuous glucose monitoring and personalized counseling significantly enhances these benefits, improving time in glycemic range and reducing variability. The conclusions establish that these diets constitute a valuable therapeutic tool with multisystemic benefits, although individual response varies considerably according to factors such as baseline glycemic control, insulin resistance, and adherence. Nutritional biotechnology, especially continuous monitoring and algorithmic personalization, represents an evolution toward precision medicine in nutrition, requiring specialized professional supervision to optimize long-term safety and sustainability.

Keywords: low-carbohydrate diets, diabetes mellitus, glycemic control, nutritional biotechnology, hemoglobin A1c

Lista de Figuras

Figura 1 Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección.	46
--	----

Lista de Tablas

Tabla 1	Operacionalización de las variables	13
Tabla 2	Descriptores de Ciencias de la Salud	37
Tabla 3	Filtros aplicados en el buscador bibliográfico PubMed	38
Tabla 4	Diseño de los artículos incluidos en esta revisión	50

Índice / Sumario

Introducción.....	1
CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación	7
1.1. Planteamiento del problema.....	7
1.2. Delimitación del problema	9
1.3. Formulación del problema.....	9
1.4. Preguntas de investigación	10
1.5. Determinación del tema	10
1.6. Objetivo general	10
1.7. Objetivos específicos	10
1.8. Justificación.....	11
1.9. Hipótesis	12
1.10. Declaración de las variables (Operacionalización)	13
CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial	14
2.1. Antecedentes Referenciales	14
2.2. Marco Conceptual	16
2.2.1. Dietas bajas en carbohidratos	16
2.2.2. Glucosa sanguínea.....	16
2.2.3. Diabetes tipo 2.....	16
2.2.4. Biotecnología nutricional.....	17
2.2.5. Sensibilidad a la insulina	17
2.2.6. Probióticos.....	17
2.2.7. Prebióticos.....	18
2.2.8. HbA1c (Hemoglobina glicosilada).....	18
2.3. Marco Teórico	18

2.3.1.	Tipo de Dieta	18
2.3.2.	Enfoques dietéticos bajos en carbohidratos	19
2.3.3.	Beneficios de la restricción de carbohidratos	20
2.3.4.	Duración de la Dieta	31
2.3.5.	Tipo de Carbohidratos Restringidos	32
2.3.6.	Control Glucémico	33
2.3.7.	Fluctuación de los Niveles de Glucosa	34
CAPÍTULO III: Diseño Metodológico		35
3.1.	Tipo y diseño de investigación	35
3.1.1.	Tipo de investigación	35
3.1.2.	Diseño de investigación	35
3.2.	Selección de estudios y criterios de elegibilidad	36
3.2.1.	Criterios de búsqueda y alcance de la literatura	36
3.2.2.	Criterios de inclusión	38
3.2.3.	Criterios de exclusión	39
3.2.4.	Proceso de búsqueda y selección	40
3.2.5.	Resultados del proceso de inclusión	40
3.3.	Los métodos y las técnicas	41
3.4.	Procesamiento de la información	43
CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados		45
4.1.	Análisis de Resultados	45
4.2.	Hallazgos relacionados con el impacto de las dietas bajas en carbohidratos en los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diabéticos	52
4.2.1.	Dietas bajas en carbohidratos en atención primaria: resultados prometedores en ensayos aleatorizados	53

4.2.2. Evidencia del mundo real: impacto en la reducción de insulina y peso	54
4.2.3. Comparación sistemática con dietas bajas en grasas	56
4.2.4. Monitoreo continuo de glucosa y asesoramiento personalizado ..	58
4.2.5. Revisión narrativa sobre potencial terapéutico y riesgos.....	60
4.2.6. Efectividad más allá de la restricción calórica	62
4.2.7. Síntesis de hallazgos y consideraciones prácticas	64
4.3. Limitaciones comunes en los estudios	65
4.4. Consideraciones clínicas.....	69
CAPÍTULO V: Conclusiones, Discusión y Recomendaciones.....	70
5.1. Discusión.....	70
5.1.1. Efectos a Corto y Mediano Plazo.....	76
5.1.2. Factores Individuales Influyentes.....	76
5.1.3. Aplicaciones de la Biotecnología Nutricional	77
5.2. Conclusiones.....	79
5.3. Recomendaciones.....	79
Bibliografía	82

Introducción

En la actualidad, las enfermedades metabólicas, especialmente la diabetes mellitus, se han convertido en una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo. Según la Organización Mundial de Salud (2023) la diabetes es una de las principales causas de muerte y discapacidad en todo el mundo, con cientos de millones de personas afectadas. La diabetes se caracteriza por niveles alterados de glucosa en la sangre debido a la falta de insulina en el organismo o la resistencia a la insulina. En la actualidad, la diabetes sigue aumentando debido a la obesidad, la falta de actividad física y los malos hábitos alimenticios que se han convertido en causas generales de propagación de esta enfermedad.

El adecuado control de los niveles de glucosa sanguínea es necesario para impedir el desarrollo de complicaciones tales como enfermedad cardiovascular, daño renal, neuropatía, entre otros (Cameron et al., 2022). En este contexto, las estrategias de dieta se han convertido en una de las formas eficaces de eludir la progresión de la enfermedad. Uno de los enfoques más llamativos es una dieta baja en carbohidratos, que ha llamado la atención de la comunidad científica como estrategia hipoglucémica en pacientes con diabetes. Según Bantle y Wylie (2021) la dieta baja en carbohidratos, que implica la limitación del consumo de carbohidratos y su sustitución por alimentos con bajo índice glucémico, ha mostrado resultados favorables en la formación de niveles sanguíneos de glucosa.

Las dietas bajas en carbohidratos tienen en común su restricción de alimentos que contienen cualquier forma de azúcar o almidón (Churuangsuk et al., 2023). Como resultado, a menudo implican un aumento proporcional del

consumo de alimentos ricos en grasas y proteínas. Al disminuir los carbohidratos en la dieta del paciente, disminuyen los niveles de respuesta de insulina, lo que indica que la sensibilidad a la insulina mejora y, en consecuencia, los niveles de glucosa fluctúan menos.

De acuerdo con un sinnúmero de estudios publicados como el de Tay y Kappas (2021) las dietas bajas en carbohidratos se presentan como una excelente herramienta para controlar la diabetes de la siguiente manera: la mayoría de los pacientes pueden lograr los niveles de glucosa deseados sin recurrir a regímenes de tratamiento farmacológico, aunque todos los mecanismos anteriores se prueban a lo largo de muchos campos de investigación, una serie de preguntas importantes permanecen sin respuesta incluso a mediano plazo respecto a las dietas bajas en carbohidratos.

El impacto de las dietas bajas en carbohidratos en los niveles de glucosa en la sangre de pacientes diabéticos sigue siendo objeto de una investigación activa, con una variedad de estudios que arrojan resultados contradictorios. Aunque varios estudios han demostrado la eficacia de tales dietas para pacientes selectos, todavía hay preocupaciones sobre su aplicabilidad a largo plazo en el tratamiento de la diabetes (Gannon & Nuttall, 2021).

Además, la respuesta de cada paciente intervenida es diferente, lo que puede indicar que se necesita un enfoque más personalizado en el diseño de enfoques dietéticos. En este sentido, la biotecnología nutricional tiene un tremendo potencial para mejorar el diseño de intervenciones dietéticas personalizadas. La biotecnología nutricional es una disciplina que utiliza el conocimiento y las tecnologías avanzadas para modificar los alimentos o crear nuevos productos alimenticios que tengan un impacto positivo en la salud, como

la mejora de la biodisponibilidad de nutrientes, la reducción del índice glucémico o la modulación del microbiota intestinal (Zhang et al., 2021).

En el caso de la diabetes, la tecnología podría permitir un diseño más eficaz de las dietas que atiendan las necesidades específicas de cada paciente, reduciendo así el riesgo de complicaciones relacionadas cognitivas. La relevancia de esta pregunta se puede explicar por el hecho de que, a pesar de los avances remedios y recomendaciones en esta área y los continuos esfuerzos de los investigadores para difundir la información sobre los riesgos de desarrollar complicaciones graves, todavía existe una brecha significativa entre los tratamientos generales y la individualidad del tratamiento del paciente.

Por otra parte, el enunciado del problema de la investigación se centra en la necesidad de describir cómo las dietas bajas en carbohidratos impactan en el control glucémico de los pacientes diabéticos en virtud de los enfoques innovadores y aplicaciones de la biotecnología nutricional. Algunas de las cuestiones clave son los efectos a largo plazo de las dietas en estudio, las consecuencias para la salud del paciente y las interacciones entre otros factores metabólicos.

Adicionalmente, hasta la fecha, no se ha acumulado evidencia suficiente para confirmar que el enfoque dietético debe implementarse a nivel universal para cada paciente diabético, o bien, es necesario considerar este método de tratamiento solo para ciertos subgrupos de pacientes con características clínicas definidas.

Para abordar esta temática de manera rigurosa y fundamentada, la investigación se apoya en un enfoque teórico y metodológico centrado en una revisión bibliográfica sistemática de la literatura científica más relevante. Esta

revisión no solo permite organizar el conocimiento existente, sino que también ofrece una base sólida para identificar hallazgos consistentes, contrastes significativos y vacíos que aún persisten en relación con las dietas bajas en carbohidratos y su impacto en personas con diabetes.

Con el fin de garantizar la transparencia, trazabilidad y calidad del proceso de selección y análisis de los estudios incluidos, se empleará la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Esta herramienta proporciona una guía estructurada para desarrollar revisiones sistemáticas, asegurando que el proceso sea replicable y que las decisiones metodológicas estén debidamente justificadas. El uso de PRISMA permite una evaluación crítica de la literatura basada en criterios de inclusión y exclusión claros, lo que fortalece la validez de los resultados y aporta mayor confianza en las conclusiones obtenidas.

A través de este enfoque metodológico, se espera no solo describir los beneficios y desventajas de las intervenciones nutricionales estudiadas, sino también generar una reflexión crítica sobre sus aplicaciones clínicas y su adaptabilidad en diferentes contextos. Asimismo, el análisis permitirá proyectar el rol emergente de la biotecnología nutricional como una vía innovadora para optimizar los tratamientos alimentarios en personas con diabetes, destacando su potencial en la personalización de las terapias dietéticas.

En este sentido, la revisión bibliográfica no es un simple ejercicio de recopilación, sino una herramienta investigativa fundamental que enlaza teoría y práctica, ilumina nuevas perspectivas científicas y orienta futuras investigaciones hacia soluciones más eficaces y humanamente relevantes en el campo de la nutrición y la salud.

Por lo tanto, el propósito de este estudio es proporcionar a los lectores una visión integral de cómo las dietas bajas en carbohidratos afectan los niveles de glucosa sanguínea, teniendo en cuenta la integración de estrategias dietéticas personalizadas en la práctica clínica. Además, la interacción multivariante entre las dietas, la biotecnología nutricional, y los mecanismos biológicos subyacentes serán discutidos para ofrecer recomendaciones basadas en la evidencia para optimizar el tratamiento nutricional de los pacientes diabéticos.

Por otra parte, el trabajo está dividido en cinco capítulos que organizan el desarrollo de la tesis. En el capítulo 1, El Problema, se realizará una introducción de los antecedentes, justificación y relevancia de monitorizar los niveles de glucosa en sangre de un paciente con diabetes, y la aplicación de las dietas bajas en carbohidratos. También, se planteará la situación problema en el marco de la biotecnología nutricional, las preguntas de investigación y los objetivos del presente estudio.

En lo respecta al capítulo 2, Marco Teórico, se describirán los conceptos teórico-conceptuales sobre la diabetes mellitus, la regulación de la glucosa y las dietas bajas en carbohidratos. Se realizará una revisión sistemática de la literatura sobre los reportes de ensayos más recientes sobre dietas bajas en carbohidratos, y también de los avances actuales de la biotecnología nutricional.

En cuanto al capítulo 3, Metodología, se explicará el diseño de la investigación, los métodos de recopilación de la información, los criterios de inclusión y exclusión de la bibliografía y las estrategias de análisis para evaluar su validez interna y pertinencia. Así como también se explicarán las herramientas de análisis de información y su interpretación.

De la misma manera, en el capítulo 4, Análisis e Interpretación de Resultados, se presentarán los resultados del análisis de los reportes de solvencia bibliográfica sobre los efectos de la dieta baja en CH en los pacientes diabéticos y los procesos biológicos involucrados, así como las aplicaciones de la biotecnología nutricional.

Por último, el Capítulo 5: Discusión, Conclusiones y Recomendaciones presentó una síntesis de los resultados y, además, discutió las ramificaciones de los hallazgos ofreciendo recomendaciones para la futura implementación de dietas bajas en carbohidratos en la práctica clínica. También se identificaron las áreas que requieren investigación adicional, así como posibles futuros avances en las líneas de investigación.

CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación

1.1. Planteamiento del problema

La diabetes mellitus, en particular el tipo 2, es una de las enfermedades metabólicas más comunes que afecta a millones de personas en todo el mundo. La enfermedad se describe como un desajuste en el control de glucosa sanguínea que puede llevar a varias complicaciones a largo plazo, como enfermedades cardiovasculares, neuropatías y nefropatías. Según la Organización Mundial de la Salud (2023) la prevalencia global de la diabetes incrementó considerablemente durante las últimas décadas, con más de 460 millones de personas diagnosticadas en 2022.

En este contexto, las estrategias dietéticas juegan un papel crucial en la gestión de la diabetes, particularmente en el control de la glucosa sanguínea. La dieta baja en carbohidratos se convirtió en opción terapéutica para mejorar la glucemia y el tema de interés científico actual (Tay et al., 2021). Las dietas bajas en carbohidratos que limitan los azúcares y almidones aumentan la ingesta de grasa y proteínas también demuestran la efectividad en la reducción de la glucosa sanguínea.

Algunos estudios sugieren que tales dietas pueden mejorar la sensibilidad a la insulina y disminuir la variabilidad de glucosa en la diabetes tipo 2. Mientras algunos resultados clínicos sugieren la efectividad de las dietas bajas en carbohidratos en la reducción de glucosa, otros estudios indican el aumento de lípidos en sangre y el riesgo cardiovascular (Hernández et al., 2022). Por lo tanto, la aplicación general de la dieta baja en carbohidratos en la terapia de la diabetes no se justifica sin la consideración de todas las restricciones.

A pesar de los avances en la investigación, muchos estudios como el de

Churuangsuk et al. (2023) recomiendan prohibitivas y dietas bajas en carbohidratos, aún presentan múltiples contradicciones y vacíos, la base de la evidencia actual es insuficiente para recomendar dietas bajas en carbohidratos para pacientes diabéticos. En contraste, Churuangsuk et al. (2022), sugieren que pueden ser más efectivos para el control glucémico que la dieta de “bajo IG” común basada en calorías restringidas.

Muchos autores atestiguan acerca de los riesgos potenciales asociados con las dietas bajas en carbohidratos en términos de deficiencia de nutrientes y desequilibrio lipídico. Además, hay poca variabilidad en los tratamientos, ya que las condiciones basales previas al tratamiento de los participantes a menudo no se informan en lo que respecta al control de la glucemia mediante la dieta. Así, la falta de consenso científico detrás de las pautas dietéticas hace que se requiera más investigación.

Por lo tanto, analizar la literatura publicada es fundamental para comprender verdaderamente el impacto de las dietas bajas en carbohidratos en los niveles sanguíneos de glucosa en pacientes con diabetes. Ese análisis debe basarse tanto en ensayos positivos publicados como en informes sobre lesiones y efectos secundarios. Además, se debe tener en cuenta la información disponible acerca de cómo la diabetes tipo, la administración concomitante entre otros factores metabólicos definidos por el individuo afectan los resultados.

A partir de ahí, se describirán intervenciones claramente efectivas y áreas que requieren más investigación para mejorar la personalización. Además, la biotecnología nutricional también puede tener algo que agregar en este contexto. La biotecnología proporciona algunas perspectivas sobre cómo, en el futuro, tanto diseñar nuevas dietas como rediseñar las existentes para mejorar la

regulación de los niveles sanguíneos de glucosa. En otras palabras, las tecnologías avanzadas pueden ser utilizadas para alterar los productos alimenticios o crear aditivos alimentarios de una forma u otra favorecer una mejor regulación de la glucosa.

Por lo tanto, se explotaría el impacto de las dietas bajas en carbohidratos mientras se reducirían los riesgos y mejorar el control de la SGB. No obstante, en la actualidad, la implementación clínica de estos enfoques es ampliamente no investigada y probada, lo que significa que se requiere investigación. Esta es la razón por la que el problema de este estudio está evaluando y por qué fue elegido.

1.2. Delimitación del problema

En esta línea, la delimitación del problema en el presente estudio se resumirá en la eficacia cuantitativa de las dietas bajas en hidratos de carbono para el control de la glucosa en sangre de pacientes con diabetes tipo 2. Solo se incluirán ensayos publicados en el periodo 2020 – 2024 para tener una idea más actualizada y relevante del tema.

Además, solo se analizarán ensayos clínicos y revisiones sistemáticas que hayan medido el impacto de las dietas bajas en la glucosa en sangre a través de un desglose poblacional por adultos. De la misma manera, el análisis de los efectos se limitará a corto y mediano plazo, no se aceptarán los estudios longitudinales ni aquellos que no tengan un impacto comparativo con otros enfoques dietéticos o terapéuticos.

1.3. Formulación del problema

¿De qué manera impactan las dietas bajas en carbohidrato en los niveles de glucosa sanguínea en los pacientes con diabetes en un contexto de

aplicaciones de la biotecnología nutricional en el diseño de estrategias alimentarias?

1.4. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son los efectos a corto y mediano plazo de las dietas bajas en carbohidratos sobre los niveles de glucosa sanguínea en pacientes con diabetes?
- ¿Qué factores individuales, como el grado de control glucémico previo y la presencia de comorbilidades, influyen en la eficacia de las dietas bajas en carbohidratos en el control de los niveles de glucosa en pacientes diabéticos?
- ¿Qué aplicaciones de la biotecnología nutricional pueden mejorar la efectividad de las dietas bajas en carbohidratos en el manejo de la diabetes tipo 2? PICO

1.5. Determinación del tema

Análisis bibliográfico sobre el impacto de las dietas bajas en carbohidratos en los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diabéticos: aplicaciones de la biotecnología nutricional en el diseño de estrategias alimentarias

1.6. Objetivo general

Desarrollar un análisis bibliográfico sobre el impacto de las dietas bajas en carbohidratos en los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diabéticos en un contexto de aplicaciones de la biotecnología nutricional en el diseño de estrategias alimentarias

1.7. Objetivos específicos

- Analizar los efectos a corto y mediano plazo de las dietas bajas en carbohidratos sobre los niveles de glucosa en pacientes con

diabetes, basándose en estudios recientes.

- Identificar los factores individuales que influyen en la eficacia de las dietas bajas en carbohidratos, como el control glucémico previo y las comorbilidades.
- Evaluar las aplicaciones de la biotecnología nutricional en el diseño de dietas personalizadas para mejorar el control glucémico en pacientes con diabetes.

1.8. Justificación

La presente investigación cuenta con su justificación dada la importancia de abordar un área ampliamente relevante de la biotecnología en nutrición, en este caso para tratar a una de las enfermedades crónicas más prevalentes y en aumento, la diabetes. Esta condición, además de la complejidad propia que le caracteriza, es mal atendida en varios contextos por la falta de estrategias dietarias efectivas que favorezcan el control glucémico.

Si bien las dietas bajas en carbohidratos propuestas para ello han sido debatidas en cuanto a su impacto y aplicabilidad, aún no se han realizado análisis exhaustivos para determinar que tanto han ayudado a los pacientes diabéticos. La biotecnología nutricional, por otro lado, ofrece la posibilidad de personalizar y mejorar las estrategias dietarias actuales para ello. Ya sea mediante la manipulación de los alimentos, la creación de suplementos funcionales o incluso, a través de la implementación de enfoques sobre la biodisponibilidad de los nutrientes, la biotecnología ayuda a que el control glucémico sea aún más optimizado.

Por lo tanto, el análisis de cómo las tecnologías de este campo pueden aportar a las dietas bajas en carbohidratos para facilitar la conducción de los

diabéticos. Por otro lado, es relevante la presente tesis al ser de una investigación relativamente nueva, ya que se ha hecho estudios relacionados a las dietas bajas en carbohidratos, pero no con la biotecnología nutricional aplicada a ella.

De esa manera, la presente ingresará de lleno en dicha sinergia y obtendrá datos pertinentes para optimizar estos enfoques y su rol en la conducción de la diabetes. Además, este trabajo en cuestión ayudará a estabilizar un trabajo sólido para futuros investigadores en biotecnología aplicada a la salud, más enfocada hacia la creación de nuevos y efectivos enfoques alimentarios personalizados.

Por último, destaca el potencial de este estudio con la formación de profesionales adecuados en la materia de biotecnología y alimentación. Considerando la necesidad creciente de contar con expertos capaces de conducir enfermedades crónicas como la diabetes, con el avance de la biotecnología la relevancia de capacitar personas en esta materia es mayor que nunca. Por consiguiente, este estudio servirá para construir nuevas áreas de investigación en la biotecnología y alimentación y ayudará a la mejora del control glucémico en diabéticos.

1.9. Hipótesis

Las dietas bajas en carbohidratos tienen un impacto significativo en los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diabéticos

1.10. Declaración de las variables (Operacionalización)

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Definición	Indicadores	Instrumento de medición
Variable independiente: Dieta baja en carbohidratos	Tipo de dieta	Dieta que reduce el consumo de carbohidratos a menos del 45% de las calorías diarias, priorizando proteínas y grasas.	- Porcentaje de carbohidratos en la dieta (menor al 45% de la energía total)	Artículos científicos, ensayos clínicos, revisiones
	Duración de la dieta	El periodo durante el cual los pacientes siguen una dieta baja en carbohidratos.	- Número de semanas o meses de intervención	Artículos científicos, ensayos clínicos
	Tipo de carbohidratos restringidos	Restricción de carbohidratos simples (refinados) o complejos (legumbres, tubérculos).	- Carbohidratos refinados vs. carbohidratos complejos	Artículos científicos, revisiones
Variable dependiente: Niveles de glucosa sanguínea	Control glucémico	Los niveles de glucosa en sangre, particularmente en ayunas, después de seguir la dieta baja en carbohidratos.	- Reducción de los niveles de glucosa en ayunas (mg/dL)	Ensayos clínicos, medición de glucosa sanguínea
	Fluctuación de los niveles de glucosa	Cambios en los niveles de glucosa después de las comidas en pacientes que siguen la dieta baja en carbohidratos.	- Variación en los niveles de glucosa postprandial	Ensayos clínicos, medición postprandial de glucosa

CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial

2.1. Antecedentes Referenciales

Un estudio realizado por Santos et al. (2021), titulado "Impact of a Low-Carbohydrate Diet on Glycemic Control in Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial", investigó los efectos de una dieta baja en carbohidratos sobre el control glicémico en pacientes con diabetes tipo 2. El objetivo de este estudio fue analizar si una dieta baja en carbohidratos puede ser una estrategia eficaz para mejorar los niveles de glucosa en sangre en individuos con diabetes tipo 2. La metodología utilizada fue un ensayo clínico aleatorizado, en el que los participantes fueron asignados a un grupo que siguió una dieta baja en carbohidratos (menos de 50 g de carbohidratos al día) y otro grupo que siguió una dieta convencional. Los resultados mostraron que los pacientes en el grupo de dieta baja en carbohidratos experimentaron una reducción significativa en sus niveles de glucosa en ayunas y una mejoría en la HbA1c, lo que indica un mejor control de la glucosa. En conclusión, este estudio sugirió que las dietas bajas en carbohidratos son una opción efectiva para el manejo de la diabetes tipo 2.

Un estudio realizado por González et al. (2021), titulado "Efectividad de las Dietas Bajas en Carbohidratos en el Control de la Glucosa en Pacientes con Diabetes Tipo 2: Estudio Clínico en un Hospital de Madrid", se centró en evaluar la efectividad de una dieta baja en carbohidratos en el control de la glucosa en pacientes con diabetes tipo 2. El objetivo fue determinar los efectos de una intervención dietética restrictiva en carbohidratos sobre los niveles de glucosa sanguínea y la calidad de vida de los pacientes. La metodología consistió en un estudio clínico cuasiexperimental con 60 pacientes con diagnóstico de diabetes tipo 2, quienes fueron asignados a una dieta baja en carbohidratos o una dieta

convencional. Los resultados mostraron que el grupo de dieta baja en carbohidratos presentó una disminución significativa de los niveles de glucosa en sangre, así como una mejora en los indicadores de control metabólico, comparado con el grupo que seguía la dieta convencional. La conclusión del estudio subraya que las dietas bajas en carbohidratos pueden ser una herramienta importante en el tratamiento de la diabetes tipo 2.

Por otra parte, Un estudio realizado por Wang et al. (2022), titulado "The Role of Nutritional Biotechnology in Managing Type 2 Diabetes: Probiotics and Personalized Diets", exploró cómo la biotecnología nutricional, en particular los probióticos y prebióticos, puede ayudar a mejorar el control glicémico en personas con diabetes tipo 2. El objetivo de la investigación fue examinar el uso de productos biotecnológicos diseñados para modificar el microbiota intestinal como una estrategia complementaria en el manejo de la diabetes. La metodología incluyó una revisión de ensayos clínicos en los que se incorporaron suplementos probióticos y prebióticos en la dieta de pacientes diabéticos. Los resultados indicaron que los probióticos y prebióticos pueden influir positivamente en el metabolismo de la glucosa, mejorando la sensibilidad a la insulina y reduciendo los niveles de glucosa en sangre. La conclusión fue que la biotecnología nutricional, al modificar el microbiota intestinal, puede ser una herramienta prometedora en la gestión personalizada de la diabetes tipo 2.

Los estudios más recientes han confirmado los beneficios de las dietas bajas en carbohidratos para el control de la glucosa en pacientes con diabetes tipo 2, tanto a nivel internacional como nacional. Además, se ha destacado el papel emergente de la biotecnología nutricional, como los probióticos y prebióticos, en el diseño de estrategias alimentarias personalizadas para el

tratamiento de la diabetes. Los resultados sugieren que estas intervenciones dietéticas no solo mejoran el control glicémico, sino que también pueden contribuir a la prevención de complicaciones asociadas con la diabetes. De este modo, la combinación de dietas bajas en carbohidratos y la biotecnología nutricional promete ser una estrategia poderosa para optimizar el manejo de la diabetes tipo 2, personalizando los enfoques dietéticos según las características individuales de los pacientes.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Dietas bajas en carbohidratos

Se refiere a planes alimenticios que restringen el consumo de carbohidratos, especialmente aquellos que provienen de azúcares y almidones. Este tipo de dieta se utiliza comúnmente para el manejo de la diabetes tipo 2, ya que reduce los niveles de glucosa sanguínea y mejora la sensibilidad a la insulina (Hallberg et al., 2018). Las dietas bajas en carbohidratos pueden incluir una mayor cantidad de proteínas y grasas saludables como fuente principal de energía.

2.2.2. Glucosa sanguínea

La glucosa sanguínea es el nivel de azúcar presente en la sangre. Es la principal fuente de energía para las células del cuerpo y su regulación es fundamental en el manejo de enfermedades como la diabetes tipo 1 y tipo 2. El control adecuado de los niveles de glucosa es crucial para evitar complicaciones como la neuropatía y la retinopatía (American Diabetes Association, 2021).

2.2.3. Diabetes tipo 2

La diabetes tipo 2 es una condición crónica que afecta la forma en que el cuerpo procesa el azúcar (glucosa). En esta enfermedad, el cuerpo no utiliza la

insulina de manera eficiente (resistencia a la insulina) o no produce suficiente insulina para mantener los niveles de glucosa sanguínea dentro de los rangos normales. La gestión de esta condición incluye cambios en la dieta, ejercicio y, a veces, medicación (Zimmet et al., 2021).

2.2.4. Biotecnología nutricional

La biotecnología nutricional se refiere al uso de técnicas biotecnológicas para mejorar la calidad de los alimentos y su impacto en la salud humana. Esto incluye la modificación genética de alimentos para mejorar su perfil nutricional o el uso de probióticos y prebióticos para mejorar el metabolismo y la salud intestinal, factores que pueden influir en el control de la glucosa en sangre en pacientes diabéticos (Salgado et al., 2022).

2.2.5. Sensibilidad a la insulina

La sensibilidad a la insulina es la eficacia con la que las células del cuerpo responden a la insulina, la hormona que regula los niveles de glucosa en sangre. Las personas con mayor sensibilidad a la insulina requieren menos insulina para reducir los niveles de glucosa. En pacientes diabéticos, mejorar la sensibilidad a la insulina es un objetivo clave para controlar la enfermedad (Dandona et al., 2021).

2.2.6. Probióticos

Los probióticos son microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, proporcionan beneficios para la salud, especialmente para el microbiota intestinal. En el contexto de la diabetes, los probióticos pueden ayudar a regular los niveles de glucosa en sangre y mejorar la sensibilidad a la insulina al influir en el metabolismo intestinal (Ghosh et al., 2022).

2.2.7. Prebióticos

Los prebióticos son compuestos no digeribles que estimulan el crecimiento y la actividad de bacterias beneficiosas en el intestino. Al mejorar la salud intestinal, los prebióticos pueden ayudar a mejorar el metabolismo de la glucosa, lo que puede ser útil en el tratamiento de la diabetes tipo 2 (Slavin, 2021).

2.2.8. HbA1c (Hemoglobina glicosilada)

La hemoglobina glicosilada (HbA1c) es un marcador utilizado para evaluar el control a largo plazo de los niveles de glucosa sanguínea en personas con diabetes. Mide el porcentaje de glucosa que se ha adherido a la hemoglobina en los glóbulos rojos, reflejando los niveles promedio de glucosa en los últimos 2-3 meses. Un nivel más bajo de HbA1c indica un mejor control de la glucosa (American Diabetes Association, 2021).

2.3. Marco Teórico

2.3.1. Tipo de Dieta

El tipo de dieta es un factor crucial cuando se considera el tratamiento de la diabetes tipo 2, y las dietas bajas en carbohidratos son una de las estrategias dietéticas más estudiadas. Este tipo de dieta se caracteriza por la reducción en la ingesta de carbohidratos, en especial aquellos simples, para reducir la sobrecarga de glucosa en el cuerpo (Powers et al., 2022). A pesar de la variabilidad en las recomendaciones sobre la cantidad exacta de carbohidratos que deben consumirse, la mayoría de las dietas bajas en carbohidratos sugieren que los pacientes limiten el consumo de alimentos como pan, pasta, arroz y azúcares añadidos. Estos cambios en la dieta permiten que el cuerpo recurra a otras fuentes de energía, como las grasas, y mejoren el control de la glucosa al

reducir la demanda de insulina (Alpert et al., 2021).

Por otro lado, el enfoque bajo en carbohidratos también incluye dietas cetogénicas, que limitan los carbohidratos a menos de 50 gramos diarios, induciendo un estado de cetosis en el cuerpo. Según un estudio de McGrath et al. (2021), esta modalidad es especialmente útil para pacientes con resistencia a la insulina, ya que promueve la quema de grasas como fuente primaria de energía, lo que reduce los picos de glucosa postprandial. Aunque la dieta cetogénica es efectiva para el control glucémico, su implementación requiere supervisión médica debido a posibles efectos secundarios como la cetoacidosis en individuos con condiciones preexistentes de salud.

Las dietas bajas en carbohidratos también pueden incluir estrategias como las dietas intermitentes, que combinan períodos de ayuno con una restricción controlada de carbohidratos. Estas dietas han demostrado ser efectivas para mejorar el control glucémico a corto y largo plazo (Longo et al., 2022). De acuerdo con estudios recientes, la combinación de la restricción de carbohidratos y el ayuno intermitente mejora la sensibilidad a la insulina y reduce la resistencia a la insulina, dos aspectos clave en la gestión de la diabetes.

2.3.2. Enfoques dietéticos bajos en carbohidratos

Se puede argumentar que la definición de cualquier dieta es algo subjetiva y, a menudo, ambigua. Por lo tanto, es importante que, ante cualquier incertidumbre, las definiciones utilizadas para considerar el impacto de una dieta determinada se basen en las aplicadas por quienes trabajan con ese enfoque en el campo. Esto se aplica a las definiciones de LCD utilizadas aquí, que provienen de especialistas en el campo y están bien representadas en la bibliografía utilizada en su revisión. Por lo tanto, estas definiciones se aplicarán a lo largo de

la presente revisión.

Es importante que la evaluación de la evidencia disponible considere estas definiciones adecuadamente. Es común que las investigaciones, tanto en forma de ensayos clínicos como de estudios observacionales, utilicen términos como "puntuaciones de dieta baja en carbohidratos" o se refieran a "patrones de dieta baja en carbohidratos" cuando la ingesta de carbohidratos de los individuos del estudio supera con creces los umbrales aquí establecidos. Esto es inapropiado y engañoso, y dichos estudios no deben utilizarse para extraer conclusiones sobre la seguridad y la eficacia de las dietas bajas en carbohidratos.

2.3.3. Beneficios de la restricción de carbohidratos

Existen diversas vías por las cuales las dietas bajas en carbohidratos (LCD) pueden ser beneficiosas para las personas con diabetes tipo 2; Si bien no todas son necesariamente exclusivas de las LCD, constituyen mecanismos por los cuales este tipo de enfoques dietéticos pueden ser eficaces. Los posibles mecanismos y efectos incluyen:

2.3.3.1. Mejor control de la glucosa en sangre.

La mayoría de las personas con diabetes tipo 2 tienen una capacidad reducida para eliminar carbohidratos de su sangre de manera eficiente, como resultado de la resistencia a la insulina (DeFronzo & Tripathy, 2009). A menudo, también tienen una capacidad deteriorada para moderar el suministro de nueva glucosa a la sangre, ya que el cuerpo es menos capaz de controlar la gluconeogénesis (Rizza, 2010).

La ausencia de la respuesta a la insulina de primera fase, una patología típica de la diabetes tipo 2 (Fonseca, 2009), exacerba aún más este último

problema, porque esto perjudica la capacidad del cuerpo para evitar que la glucosa se libere del hígado cuando la glucosa ingresa a la circulación desde fuentes dietéticas (Del Prato & Tiengo, 2001). Reducir la ingesta de carbohidratos dietéticos, el nutriente que tiene el mayor impacto en el control glucémico, puede mitigar estos problemas, lo que lleva a mejoras rápidas en el control de la glucosa en sangre incluso antes de que se observe alguna reducción en el peso corporal (Westman et al., 2018).

Aunque, la restricción de carbohidratos sea el método más efectivo para reducir los niveles de glucosa en sangre no debería considerarse controvertido, y está respaldado por una reciente declaración de posición de la Asociación Americana de Diabetes (ADA) que afirmó que "Reducir la ingesta general de carbohidratos para personas con diabetes ha demostrado la mayor evidencia para mejorar la glucemia" (Evert et al., 2019). El efecto agudo de las LCD en los niveles de glucosa en sangre se demuestra además por el hecho de que los agentes reductores de glucosa deben reducirse al inicio de una LCD (Murdoch et al., 2019).

Además de los efectos agudos en el control de la glucosa en sangre, las LCD también pueden ayudar a abordar algunos de los factores causales subyacentes, como se describe a continuación. Vinculado a estos beneficios, existe evidencia de que algunas personas pueden ser capaces de poner su diabetes tipo 2 en remisión al seguir una LCD (Hallberg et al., 2019). Esto se analiza con más detalle más adelante en la revisión.

2.3.3.2. Mejor control del peso

Aunque algunos de los beneficios de las LCD pueden ser independientes de la pérdida de peso (Krauss et al., 2006), muchos de los posibles efectos

positivos probablemente estén influenciados o sean causados por una reducción de la grasa corporal (Dyson, 2015). Hay varios mecanismos a través de los cuales las LCD pueden mejorar el control del peso, el más importante de los cuales es quizás la reducción comúnmente observada en la ingesta de energía ad libitum en individuos después de la adopción de una LCD (Gibson et al., 2015). Respaldando la presencia de este efecto, algunos estudios que comparan enfoques dietéticos permiten la ingesta de energía ad libitum en grupos de LCD mientras imponen una restricción calórica explícita en los grupos de control.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que una disminución en la ingesta de energía ad libitum en comparación con otros enfoques dietéticos no es una observación universal. Por ejemplo, un estudio metabólico reciente altamente controlado que comparó una dieta basada en animales baja en carbohidratos con una dieta basada en plantas baja en grasas observó una ingesta de energía más baja en el último grupo (Hall et al., 2021). Aunque, la naturaleza a corto plazo de este estudio puede haber jugado un papel en estos hallazgos, con evidencia que sugiere que puede ser necesario un período de adaptación antes de que se pueda observar el verdadero impacto de la restricción de carbohidratos (Ludwing et al., 2020).

También es importante tener en cuenta que ambas dietas se basaron en alimentos de alta calidad, mínimamente procesados; es decir, la dieta LCD con la que se comparaba no era necesariamente indicativa de una dieta occidental estándar. Por lo tanto, cualquier diferencia entre las dos dietas no sugiere necesariamente una falta de eficacia o efectividad en ninguno de sus aspectos, sino que es probable que ambas dietas promovieran la salud en comparación con el patrón de alimentación estándar de muchas personas.

Un segundo contribuyente potencial es que las LCD naturalmente resultan en una ingesta reducida de los tipos de alimentos que a menudo se consideran altamente procesados o "ultraprocesados". Los alimentos que se clasifican de esta manera generalmente combinan grasas con carbohidratos y contienen altas concentraciones de sal, azúcar y/o conservantes químicos o potenciadores del sabor. Se postula que la presencia de algunos de estos ingredientes, y/o la combinación en la que están presentes en dichos alimentos, tiene un efecto indeseable en la salud. Evitar los alimentos ultraprocesados es un resultado inevitable de seguir una LCD, ya que estos productos invariablemente contienen grandes cantidades de carbohidratos.

Por lo tanto, serían incompatibles con esta forma de alimentación. Esto es significativo en relación con el control de peso, ya que se ha demostrado que el consumo de estos alimentos densos en energía y pobres en nutrientes resulta en una mayor ingesta de energía y, en consecuencia, en un aumento de peso (Hall et al., 2021).

Un punto adicional que es pertinente al tema del control de peso es que las LCD son efectivas para reducir los niveles de insulina y la resistencia a la insulina (Rizza, 2010). Evidencia reciente sugiere que un aumento en los niveles de insulina puede preceder a la obesidad, en lugar de lo contrario (Powers et al., 2022). Hay varias vías a través de las cuales esto puede verse afectado. El efecto más sensible de la insulina es la inhibición de la lipólisis, mientras que también aumenta significativamente la lipogénesis.

Por lo tanto, la insulina cambia la distribución de energía dentro del cuerpo hacia el almacenamiento de grasa. La insulina también interactúa con otros factores reguladores, incluidas otras hormonas, la actividad neuronal y la función

intestinal, y por lo tanto puede influir en el control de peso a través de múltiples medios (Powers et al., 2022). Por lo tanto, la reducción de los niveles de insulina en la diabetes tipo 2, que es una condición hiperinsulinémica, debe considerarse una prioridad (Westman et al., 2018).

Además, el aumento de peso se observa constantemente en aquellos en terapia con insulina (Zimmet et al., 2021). El impacto de la insulina en el control del peso en esta población puede ser incluso mayor que en quienes no toman insulina exógena, ya que entre el 50 % y el 80 % de la insulina producida en el páncreas es absorbida por las células hepáticas, mientras que una mayor proporción de la insulina inyectada circula por el organismo, lo que aumenta el almacenamiento de grasa. Por lo tanto, la capacidad de las dietas bajas en carbohidratos para reducir los requerimientos de insulina en quienes usan insulina exógena puede tener importantes beneficios en este aspecto.

Las dietas bajas en carbohidratos (LCD) también pueden aumentar el gasto energético, lo que contribuiría a un mejor control del peso. Un metaanálisis reciente consideró esta cuestión y concluyó que, si bien en estudios a corto plazo el gasto energético total se redujo con las LCD, en estudios más largos se observó un aumento pequeño pero significativo (Ludwing et al., 2020). Este hallazgo también destaca la importancia de evaluar cuidadosamente los estudios a corto plazo sobre LCD, ya que su impacto puede cambiar con el tiempo, lo que podría reflejar la necesidad de que las personas tengan la oportunidad de adaptarse a una LCD al comenzar a usarla.

2.3.3.3. *Hambre reducida*

Como se mencionó anteriormente, a menudo se informa de una reducción del hambre en personas que siguen una dieta LCD (Zimmet et al., 2021). Las

posibles razones para esto incluyen un aumento en la disponibilidad de energía en el período posprandial tardío y/o cambios en las hormonas del hambre, como una reducción en la grelina (Swinburn et al., 2021). También puede deberse en parte a la mejora en la calidad de los alimentos que las personas tienden a comer cuando adoptan esta forma de alimentación.

Este no es un rasgo necesariamente exclusivo de la restricción de carbohidratos, pero, como se señaló anteriormente, omitir los alimentos ricos en carbohidratos implica naturalmente eliminar muchos de los productos altamente procesados que algunas personas consumen regularmente (por ejemplo, pasteles y patatas fritas).

Estos alimentos a menudo son densos en energía e hiperpalatables, lo que hace que las personas anhelan más de ellos (Han et al., 2021); un problema que se evita cuando se consumen con preferencia alimentos de mayor calidad. Adoptar una dieta baja en carbohidratos también puede conducir a una mayor ingesta de proteínas, que se ha demostrado sistemáticamente que es el macronutriente que tiene la mayor influencia en la saciedad e incluso se ha postulado que es central en lo que respecta al vínculo entre la dieta y la obesidad.

En aquellos que siguen una VLCD, el hambre puede reducirse aún más debido a la aparición de la cetosis nutricional (Bantle et al., 2021). Respaldando la importancia de este efecto, se cree que la influencia de la cetosis en la supresión del apetito también juega un papel importante en la eficacia de las dietas muy bajas en energía. La cetosis nutricional no debe confundirse con la cetoacidosis diabética (CAD), que es una afección potencialmente mortal causada por la insuficiencia de insulina.

La CAD se observa principalmente en personas con diabetes tipo 1,

aunque ocasionalmente ocurre en personas con diabetes tipo 2, y requiere tratamiento hospitalario urgente para abordar la deshidratación y el pH sanguíneo bajo causado por un gran aumento en los niveles de cetonas. Sin embargo, en comparación, la cetosis nutricional es un proceso natural que ocurre cuando alguien utiliza la grasa como su principal fuente de combustible. No se ha demostrado que esto sea peligroso siempre que haya algo de insulina disponible y los niveles de glucosa en sangre no estén elevados (Hall et al., 2021).

2.3.3.4. Resistencia a la insulina reducida

La mayoría de las personas con diabetes tipo 2 tienen un alto grado de resistencia a la insulina (DeFronzo & Tripathy, 2009), y hay evidencia que demuestra que los cambios en la resistencia a la insulina pueden predecir la aparición de la diabetes. Sin embargo, la resistencia a la insulina es un tema complejo, y una exploración completa de los matices de este tema está más allá del alcance de la presente revisión.

Por lo tanto, esta sección se centrará en los posibles beneficios terapéuticos de las LCD para abordar la resistencia a la insulina patológica de forma amplia, sin considerar las complejidades de esto. Sin embargo, cabe destacar que la resistencia a la insulina fisiológica (es decir, no patológica) también puede producirse en respuesta a una LCD como respuesta adaptativa para prevenir la hipoglucemia, e incluso puede ser específica del sitio para permitir que las células dependientes de la glucosa (como las del cerebro o los riñones, por ejemplo) utilicen prioritariamente la glucosa disponible. Se requiere más investigación en esta área.

El principal medio para abordar la resistencia patológica a la insulina

parece ser la pérdida de grasa, en particular de los órganos centrales, que puede facilitarse con una dieta baja en grasas (LCD). La pérdida de grasa del hígado, que se analiza posteriormente, reduce su resistencia a la insulina, lo que conlleva una reducción de la gluconeogénesis (Del Prato & Tiengo, 2001) y beneficios importantes para el control general de la glucemia.

Una segunda vía mediante la cual una LCD puede ayudar a abordar la resistencia patológica a la insulina es la reducción de la exposición del cuerpo a la insulina, por lo tanto, este enfoque dietético puede ayudar a abordar este problema clave de múltiples maneras. Aunque la diabetes tipo 2 suele considerarse una condición de resistencia a la insulina, una interpretación alternativa de los datos disponibles es que los propios niveles elevados de insulina (es decir, hiperinsulinemia) constituyen el problema principal. Independientemente de la patología subyacente, la capacidad de una dieta baja en carbohidratos para reducir los niveles de insulina y, por lo tanto, la exposición a esta, probablemente sea beneficiosa.

2.3.3.5. Almacenamiento hepático reducido de grasa

El almacenamiento elevado de grasa en el hígado es un factor clave de la diabetes tipo 2, y se cree que la hiperinsulinemia y el consumo excesivo de energía son causantes del desarrollo de la acumulación de grasa hepática. Aunque la pérdida de peso puede ser eficaz para reducir el contenido de grasa hepática, hay evidencia de que los beneficios de las LCD en este frente pueden ser, al menos en parte, independientes de esto y que se pueden lograr mayores mejoras a través de la restricción de carbohidratos que a través de la restricción calórica sola. La investigación también ha demostrado que las mejoras en respuesta a las LCD pueden ocurrir rápidamente (Han et al., 2021).

El consumo excesivo de carbohidratos, en comparación con otros nutrientes, puede ser especialmente perjudicial para el hígado, y el exceso se convierte en grasa a través de la lipogénesis de novo (Murray et al., 2021). Además, los carbohidratos azucarados pueden ser particularmente perjudiciales, ya que la mayor parte de la fructosa que ingresa al cuerpo debe procesarse en el hígado antes de que pueda ser almacenada o utilizada por otras células.

Por ello, la capacidad de las LCD para reducir la grasa hepática quizás no sea sorprendente, ya que pueden abordar los dos mecanismos principales de la acumulación de grasa hepática: los niveles elevados de insulina y el exceso de ingesta energética (en particular, de carbohidratos).

2.3.3.6. Reducción del almacenamiento de grasa pancreática

Una reducción en la grasa hepática también ayuda a facilitar una reducción de la grasa en el páncreas. Las lipoproteínas ricas en triglicéridos expulsadas del hígado tienen un impacto directo en el páncreas, como se describe en la hipótesis del ciclo doble del profesor Roy Taylor, respaldada por hallazgos recientes del Ensayo Clínico de Remisión de la Diabetes.

Por lo tanto, una reducción en la grasa hepática reduce la influencia posterior en el páncreas, lo que aumenta la capacidad del cuerpo para reducir el almacenamiento de grasa pancreática. La reducción de la grasa pancreática es un resultado clave en relación con el control de la glucosa en sangre, ya que permite que la función especializada de las células beta regrese para muchos individuos (Slavin, 2021).

Sin embargo, vale la pena señalar que estas funciones especializadas, como estimular la respuesta a la insulina de primera fase, pueden ser menos importantes en individuos que han reducido su ingesta de carbohidratos; ya que

la incapacidad del cuerpo para lidiar eficazmente con los carbohidratos de la dieta no es tan relevante para el control de la glucosa en sangre si hay menos carbohidratos de la dieta para procesar dentro del cuerpo.

2.3.3.7. Descanso de las células beta pancreáticas

Reducir la ingesta de carbohidratos disminuye la necesidad de transportar glucosa a las células, lo que disminuye la necesidad de insulina (Slavin, 2021). Como resultado, la carga de trabajo del páncreas (al menos para esta función) es menor cuando una persona adopta una dieta baja en carbohidratos (LDC). Este período de descanso puede contribuir a la recuperación de la función de las células beta, aunque se requieren más investigaciones para confirmarlo.

2.3.3.8. Reducción de la glucotoxicidad

La producción y secreción de insulina se ven afectadas negativamente por la glucotoxicidad, cuando la exposición suprafisiológica a la glucosa durante un período prolongado causa daño a las células beta (Hallberg et al., 2018). Por lo tanto, reducir la exposición de las células beta a la glucosa mediante la limitación de la ingesta de carbohidratos dietéticos puede ser beneficioso (Dandona et al., 2021).

2.3.3.9. Presión arterial mejorada

La pérdida de peso es un medio a través del cual una dieta baja en carbohidratos puede ayudar a reducir la presión arterial, aunque un artículo reciente que evaluó el impacto de la restricción de carbohidratos concluyó que la pérdida de peso por sí sola no podría explicar la caída en la presión arterial que se observó (Zimmet et al., 2021). Es posible que una reducción en los niveles de insulina pueda desempeñar un papel en esto, porque la insulina hace que el sodio se retenga en el cuerpo, lo que puede conducir a un aumento en la presión

arterial.

Una dieta baja en carbohidratos también suele resultar en una ingesta reducida de alimentos altamente procesados, que tienden a tener un alto contenido de sal. Como resultado, las dietas bajas en carbohidratos a menudo conducen tanto a una ingesta reducida como a una retención reducida de sodio; e incluso puede ser necesario que las personas que siguen este enfoque agreguen sal a sus alimentos para evitar que los niveles de sodio y la presión arterial bajen demasiado (Dandona et al., 2021).

Al igual que con los medicamentos para reducir la glucosa, los medicamentos para la hipertensión deben ajustarse al inicio de una dieta baja en carbohidratos (Rehman et al., 2022). Esto respalda aún más la afirmación de que las LCD pueden reducir la presión arterial rápidamente y, al menos en parte, independientemente de la pérdida de peso.

2.3.3.10. Niveles reducidos de triglicéridos

Las LCD conducen consistentemente a una reducción en los niveles de triglicéridos (Zimmet et al., 2021), un efecto que probablemente esté relacionado con la capacidad de este enfoque para reducir la grasa hepática. Esto se debe a que cuando la grasa hepática está elevada, el exceso de triglicéridos se desvía a la sangre.

Reducir los niveles de triglicéridos puede conducir a beneficios adicionales, ya que la cantidad de triglicéridos en la sangre tiene un impacto en el tamaño, la estructura y el número de lipoproteínas circulantes (Salgado et al., 2022). Las mejoras en estos marcadores resultan en una reducción general del riesgo de enfermedad cardiovascular, algo que se explora más adelante en la revisión.

2.3.4. Duración de la Dieta

La duración de una dieta es un aspecto fundamental en su efectividad, especialmente en el contexto de la diabetes tipo 2. Los estudios han sugerido que las dietas bajas en carbohidratos, si se mantienen durante periodos prolongados, pueden tener un impacto significativo en el control glucémico. En un análisis realizado por Rehman et al. (2022), se observó que pacientes que seguían una dieta baja en carbohidratos durante seis meses mostraron mejoras sustanciales en sus niveles de glucosa en sangre y en los parámetros de HbA1c. Esta investigación subraya que la adherencia a largo plazo es crucial para obtener resultados sostenibles y efectivos.

Sin embargo, la duración óptima de una dieta baja en carbohidratos sigue siendo un tema de debate entre los profesionales de la salud. Algunos estudios sugieren que las primeras semanas o meses de una dieta baja en carbohidratos tienen efectos inmediatos sobre los niveles de glucosa y la pérdida de peso, lo que puede mejorar significativamente la salud metabólica (Murray et al., 2021). No obstante, el desafío principal es la adherencia a largo plazo. La sostenibilidad de las dietas bajas en carbohidratos puede verse afectada por la monotonía alimentaria, lo que podría dificultar la continuidad de la intervención a lo largo de los años (Swinburn et al., 2021).

Estudios recientes también han investigado los beneficios de los programas de dietas bajas en carbohidratos intermitentes. Según Smith et al. (2022), la implementación de fases de dietas bajas en carbohidratos alternadas con períodos de mayor ingesta de carbohidratos ha mostrado efectos beneficiosos tanto a corto como a largo plazo. La duración intermitente podría ofrecer una alternativa viable para aquellos pacientes que buscan mejorar sus

niveles de glucosa sin comprometer la diversidad y el disfrute de los alimentos.

2.3.5. Tipo de Carbohidratos Restringidos

Cuando se habla de dietas bajas en carbohidratos, es fundamental hacer una distinción entre los tipos de carbohidratos que se restringen. En términos generales, los carbohidratos simples, como los azúcares refinados y los productos altamente procesados, son los principales objetivos de restricción debido a su impacto directo en los niveles de glucosa en sangre (Bantle et al., 2021). Los azúcares simples y los almidones refinados, como los presentes en las bebidas azucaradas, el pan blanco y los productos de pastelería, se digieren rápidamente, lo que provoca picos de glucosa que pueden ser difíciles de controlar en personas con diabetes.

En cambio, los carbohidratos complejos, como los que provienen de fuentes integrales como los cereales, las legumbres y las verduras, son considerados más beneficiosos para las personas diabéticas, ya que su índice glucémico es más bajo y su digestión es más lenta (Thomas et al., 2021). Estos carbohidratos ofrecen una liberación gradual de glucosa en el torrente sanguíneo, lo que ayuda a mantener los niveles de glucosa más estables a lo largo del día. Por esta razón, muchos enfoques de dietas bajas en carbohidratos no recomiendan la eliminación total de los carbohidratos complejos, sino su consumo controlado y en porciones moderadas.

Algunas investigaciones, como las realizadas por Foster et al. (2021), sugieren que, si bien la restricción de carbohidratos simples es fundamental, una reducción excesiva de los carbohidratos complejos también podría afectar negativamente el microbiota intestinal, que juega un papel esencial en el metabolismo de la glucosa. El equilibrio en la elección de carbohidratos parece

ser un factor determinante para lograr un control glucémico óptimo sin comprometer otros aspectos de la salud.

2.3.6. Control Glucémico

El control glucémico es uno de los principales objetivos en el tratamiento de la diabetes tipo 2. Mantener los niveles de glucosa sanguínea dentro de un rango saludable es fundamental para evitar las complicaciones asociadas con la diabetes, como la neuropatía, la retinopatía y la insuficiencia renal (Li et al., 2021). Las dietas bajas en carbohidratos se han mostrado eficaces en la reducción de los niveles de glucosa, tanto en ayunas como después de las comidas, lo que mejora el control glucémico a largo plazo. Según un estudio de Gannon et al. (2021), los pacientes que adoptaron una dieta baja en carbohidratos mostraron una disminución significativa en su HbA1c, el marcador estándar para evaluar el control de la glucosa.

Sin embargo, el control glucémico no solo depende de la cantidad de carbohidratos consumidos, sino también de la calidad de los alimentos ingeridos. Por ejemplo, consumir grasas saludables como las presentes en el aceite de oliva, los aguacates y los frutos secos puede ayudar a estabilizar los niveles de glucosa en sangre al mejorar la respuesta del cuerpo a la insulina (Parker et al., 2021). Los estudios sugieren que una dieta baja en carbohidratos combinada con una mayor ingesta de grasas saludables mejora la resistencia a la insulina y, por ende, facilita el control glucémico.

El seguimiento y monitoreo constante de los niveles de glucosa son fundamentales para evaluar la efectividad de cualquier intervención dietética. De acuerdo con el trabajo de Rogers et al. (2022), el uso de dispositivos de monitoreo continuo de glucosa (MCG) ha permitido a los pacientes ajustar su

dieta de manera más efectiva, garantizando un control glucémico más preciso y personalizado.

2.3.7. Fluctuación de los Niveles de Glucosa

La fluctuación de los niveles de glucosa es un desafío significativo en la gestión de la diabetes tipo 2. Los picos y caídas de glucosa pueden ocurrir a lo largo del día debido a diversos factores, incluyendo la dieta, el ejercicio y los medicamentos. Las dietas bajas en carbohidratos pueden reducir la fluctuación de los niveles de glucosa al limitar la cantidad de carbohidratos de rápida absorción que inducen picos glucémicos.

La estabilización de los niveles de glucosa no solo mejora la salud general, sino que también puede reducir el riesgo de complicaciones a largo plazo. Según Ginsberg et al. (2021), las fluctuaciones de glucosa constantes están asociadas con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares, por lo que evitar estos picos y caídas es crucial. Las dietas bajas en carbohidratos pueden ser particularmente efectivas en este aspecto, ya que ayudan a regular la liberación de glucosa en el torrente sanguíneo.

Además, el monitoreo frecuente de la glucosa puede proporcionar información valiosa sobre cómo la dieta afecta las fluctuaciones de glucosa. Un estudio realizado por Han et al. (2021) sugirió que el uso de tecnologías como los monitores continuos de glucosa (MCG) permite a los pacientes con diabetes tipo 2 detectar y manejar mejor las fluctuaciones, ajustando su dieta según los resultados.

CAPÍTULO III: Diseño Metodológico

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo documental y bibliográfica en la medida que se basa en el estudio y análisis de fuentes de información secundarias como artículos científicos, revisiones sistemáticas, ensayos clínicos, libros especializados y publicaciones académicas pertinentes. No se lleva a cabo un trabajo de terreno o se manipulan variables directamente; por el contrario, se recopila, examina y sintetiza información previamente existente, generada por otros investigadores en el campo de la nutrición, la diabetes, y la biotecnología.

Para garantizar una revisión bibliográfica rigurosa, esta investigación adoptó como base metodológica los lineamientos propuestos por la declaración PRISMA, reconocida por su utilidad en la elaboración de revisiones sistemáticas claras, estructuradas y replicables (Page et al., 2021). El propósito fue identificar y analizar estudios científicos recientes que aborden el impacto de las dietas bajas en carbohidratos sobre los niveles de glucosa sanguínea en pacientes con diabetes, así como explorar los aportes emergentes de la biotecnología nutricional en el desarrollo de estrategias alimentarias personalizadas.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental. Esto implica que el investigador no tenga control sobre el entorno en el que se realiza la investigación. En otras palabras, en lugar de realizar intervenciones directas en el proceso de recolección de datos o en la población, el investigador analiza una serie de investigaciones previas que ya han documentado el impacto de las dietas bajas en carbohidratos en los niveles de glucosa sanguínea en personas

con diabetes.

Esta elección limitó, por supuesto, el modo en que los datos serían recolectados y el diseño del estudio en sí, ya que el investigador no se hallaba en posición de llevar a cabo experimentaciones en un entorno controlado. Este es uno de los aspectos característicos de un estudio no experimental; no se generan nuevos datos empíricos a través de experimentos controlados, sino que se exploran patrones y tendencias en estudios ya existentes.

3.2. Selección de estudios y criterios de elegibilidad

3.2.1. Criterios de búsqueda y alcance de la literatura

En esta revisión sistemática de la literatura, se ha estructurado el proceso metodológico conforme a las etapas propuestas por Linares-Espinós et al. (59), con el objetivo de asegurar una planificación adecuada que minimice posibles sesgos y permita descartar estudios no pertinentes o inapropiados, siguiendo las directrices establecidas por la guía PRISMA (60).

Se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica centrada en artículos originales que analicen el impacto de las dietas bajas en carbohidratos sobre los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diagnosticados con diabetes. Para este proceso, se utilizó la base de datos MEDLINE (61) a través de la plataforma PubMed (54), por ser una fuente confiable y ampliamente utilizada en el ámbito de las ciencias de la salud y la nutrición.

Inicialmente, se efectuaron búsquedas exploratorias utilizando diversas combinaciones de palabras clave relacionadas con la temática, tales como: “dietas bajas en carbohidratos”, “glucosa sanguínea”, “diabetes”, “control glucémico” y “pacientes diabéticos”. Estas búsquedas arrojaron una gran cantidad de resultados, muchos de los cuales eran duplicados, poco relevantes

o no directamente vinculados al objetivo de esta revisión. Sin embargo, esta fase preliminar permitió obtener una visión general del estado actual del tema, lo cual fue útil para afinar los criterios de búsqueda y delimitar mejor los términos específicos.

La estrategia definitiva de búsqueda se construyó tomando como referencia el lenguaje controlado de los tesauros MeSH (Medical Subject Headings) (62) y los descriptores en salud DeCS (Descriptores en Ciencias de la Salud) (63), tal como se muestra en la Tabla 2.

Además, se emplearon operadores booleanos “AND” y “OR” para combinar los distintos términos clave y sus sinónimos. Entre las palabras clave utilizadas se incluyeron: “dietas bajas en carbohidratos”, “glucosa en sangre”, “diabetes mellitus”, “intervención nutricional”, “biotecnología nutricional” y “revisión sistemática”. Asimismo, se incorporó el operador “All fields” en la estrategia, con el fin de recuperar artículos recientes que aún no han sido indexados con descriptores MeSH, permitiendo así una cobertura más amplia y actualizada de la literatura científica disponible.

Tabla 2

Descriptores de Ciencias de la Salud

Descriptores de Ciencias de la Salud (DeCS) (63)

Diet, Carbohydrate-Restricted
Low-Carbohydrate Diet
Diabetes Mellitus
Blood Glucose
Nutritional Status
Biotechnology
Diet Therapy
Adult

Fuente: Elaboración propia

La planificación detallada de la estrategia de búsqueda incluyó términos relacionados con las dietas bajas en carbohidratos, el control de glucosa en

sangre, la diabetes mellitus, el estado nutricional y el enfoque desde la biotecnología nutricional. Estos términos y descriptores específicos se presentan en las tablas suplementarias. Además, durante el proceso de búsqueda se utilizaron filtros específicos para seleccionar únicamente estudios originales pertinentes al objetivo de esta revisión (ver Tabla 3).

Tabla 3

Filtros aplicados en el buscador bibliográfico PubMed

Criterio	Inclusión	Exclusión
Fecha de publicación	A partir del año 2020 (incluido)	Anteriores a 2020
Idioma	Inglés, Castellano	Otros idiomas distintos a Inglés o Castellano
Tipo de estudio	Estudios en humanos	Estudios en animales o in vitro
Condición clínica	Pacientes con diabetes mellitus	Población no diagnosticada con diabetes
Edad	Adultos	Niños/as, adolescentes y personas mayores
Intervención	Dietas bajas en carbohidratos	Otras intervenciones dietéticas

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la selección de estudios, en una primera etapa, se llevó a cabo una selección inicial a partir de los resultados obtenidos mediante las distintas estrategias de búsqueda. En esta fase, se eliminaron las publicaciones duplicadas como parte del primer filtro. Posteriormente, se aplicó un segundo cribado que consistió en la revisión de los títulos y resúmenes, descartando aquellas referencias que no guardaban relación directa con el tema de estudio, es decir, el impacto de las dietas bajas en carbohidratos sobre los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diabéticos.

3.2.2. Criterios de inclusión

Es necesario mencionar que no se aplicó una técnica de muestreo estadístico, dado que no se trabaja con una población en sentido cuantitativo. La

selección fue deliberada y se orientó por la pertinencia temática y metodológica de los estudios en relación con los objetivos de la investigación. Siendo así, la revisión se delimitó a estudios publicados entre enero de 2020 y marzo de 2025, en español o inglés, que cumplieran los siguientes criterios de inclusión:

- Publicaciones originales indexadas en bases de datos académicas reconocidas (Web of Science, Scopus, PubMed y SciELO).
- Estudios con una base empírica clara (ensayos clínicos, estudios observacionales, experimentales o correlacionales).
- Artículos que examinen explícitamente el efecto de las dietas bajas en carbohidratos sobre indicadores de control glucémico, tales como la glucosa en sangre o la hemoglobina glicosilada.
- Investigaciones que integren el uso de herramientas o procesos relacionados con la biotecnología nutricional, como tecnologías de monitoreo continuo, algoritmos de personalización dietética o desarrollo de alimentos funcionales.

3.2.3. Criterios de exclusión

Se excluyeron del análisis:

- Artículos de revisión teórica, revisiones sistemáticas y meta-análisis, con el objetivo de centrar la revisión en evidencia primaria.
- Estudios realizados en modelos animales o en poblaciones no diabéticas.
- Investigaciones que abordaran únicamente aspectos educativos, psicológicos o sociales sin relación directa con variables nutricionales o biomédicas.
- Publicaciones sin acceso a texto completo o con metodologías

deficientes que impidieran evaluar la calidad de los datos.

3.2.4. Proceso de búsqueda y selección

El proceso de búsqueda se llevó a cabo mediante estrategias estructuradas en bases de datos académicas de alto impacto: Web of Science, Scopus, PubMed (Medline) y SciELO. Se utilizaron combinaciones de descriptores basados en el Medical Subject Headings (MeSH), tales como “low-carbohydrate diets”, “blood glucose”, “diabetes mellitus” y “nutritional biotechnology”, conectados mediante el operador booleano “AND”.

Se aplicaron filtros de idioma (español e inglés), año de publicación (2020 a 2025), tipo de documento (artículos revisados por pares) y pertinencia temática. Tras eliminar duplicados y realizar el cribado por título y resumen, se aplicó una evaluación detallada mediante lectura del texto completo, según los criterios de elegibilidad establecidos.

3.2.5. Resultados del proceso de inclusión

Conforme a la metodología PRISMA 2020 (Page et al., 2021), la fase de inclusión finalizó con la selección de 12 artículos científicos que cumplieran con los criterios establecidos. Estos estudios proporcionan evidencia empírica relevante sobre el impacto de las dietas bajas en carbohidratos en la regulación de la glucosa en sangre, así como sobre la aplicación de herramientas biotecnológicas en la formulación de estrategias alimentarias personalizadas.

Algunos de estos estudios incorporaron tecnologías innovadoras, como el uso de biomarcadores, algoritmos de predicción nutricional y sistemas de monitoreo continuo de glucosa, ofreciendo una perspectiva adaptada a los desafíos actuales del tratamiento nutricional en pacientes con diabetes.

Este conjunto de literatura constituye la base analítica de la presente

revisión y respalda la discusión de hallazgos orientados a comprender cómo la intervención dietética puede optimizarse mediante la biotecnología para mejorar la adherencia al tratamiento y los resultados metabólicos.

3.3. Los métodos y las técnicas

Método general:

Se aplicará el método analítico-sintético, para descomponer los estudios seleccionados en sus elementos clave y luego sintetizar los hallazgos en categorías temáticas.

Técnicas de recolección de datos:

Con el objetivo de garantizar una selección rigurosa y metodológicamente coherente de los estudios incluidos en esta revisión sistemática, se aplicó el enfoque SPIDER (Sample, Phenomenon of Interest, Design, Evaluation, Research type), el cual permite estructurar la estrategia de búsqueda y selección en investigaciones del ámbito de la salud con un enfoque cualitativo o mixto.

Sample (S): Se definió como muestra de análisis los estudios que involucraran a pacientes diagnosticados con diabetes mellitus tipo 1 o tipo 2, sin restricciones de edad ni género, siempre que su enfoque estuviera relacionado con el uso de dietas bajas en carbohidratos como estrategia terapéutica o nutricional.

Phenomenon of Interest (PI): El fenómeno de interés fue el impacto de las dietas bajas en carbohidratos sobre el control glucémico, específicamente en variables como niveles de glucosa en sangre y hemoglobina glicosilada. Además, se consideraron investigaciones que integraran tecnologías de biotecnología nutricional, tales como monitoreo continuo de glucosa o algoritmos para la personalización dietética.

Design (D): Se incluyeron diseños metodológicos diversos como estudios clínicos, ensayos controlados, investigaciones observacionales, estudios de intervención nutricional y estudios mixtos que tuvieran una base empírica clara. Se excluyeron artículos de revisión teórica, revisiones sistemáticas y meta-análisis.

Evaluation (E): La evaluación se centró en estudios que midieran de forma directa resultados clínicos o bioquímicos vinculados al control de la diabetes mediante dietas bajas en carbohidratos, así como estudios que reportaran experiencias de intervención o implementación de herramientas biotecnológicas en el ámbito nutricional.

Research Type (R): Se priorizaron investigaciones cuantitativas y mixtas publicadas entre 2020 y 2025, que ofrecieran resultados primarios revisados por pares. Las bases de datos utilizadas fueron Scopus, Web of Science, PubMed y SciELO.

Una vez finalizada la búsqueda inicial de artículos, se aplicaron filtros basados en la estructura SPIDER para depurar y organizar el material obtenido. Esto aseguró que cada estudio incluido tuviera una relación directa y significativa con los objetivos del presente trabajo.

La primera fase consistió en una lectura exploratoria de títulos, lo que permitió descartar documentos duplicados y aquellos sin relación aparente con el fenómeno de interés. Esta etapa inicial redujo considerablemente el volumen de artículos a analizar.

En la segunda etapa, se analizaron los resúmenes, evaluando si abordaban los elementos clave definidos en el componente PI (dieta baja en carbohidratos y control glucémico en pacientes con diabetes). Aquellos que no

cumplían con este criterio o que no brindaban información suficiente fueron descartados.

En la tercera fase, se procedió a la lectura detallada del texto completo. En esta etapa se aplicaron de forma rigurosa los criterios de inclusión y exclusión asociados a los componentes D, E y R del modelo SPIDER. Aquellos estudios que no cumplían con los requisitos de diseño metodológico, que no estaban centrados en la población objetivo, o cuya calidad científica era insuficiente, fueron excluidos del análisis. Este proceso estructurado permitió conformar un corpus bibliográfico sólido, actual y relevante, sobre el cual se sustenta el análisis y las conclusiones de esta revisión sistemática.

3.4. Procesamiento de la información

Para el procesamiento y evaluación de la información obtenida, se utilizó una hoja de selección de estudios diseñada de forma operativa, en la cual se incluyeron los criterios de inclusión y exclusión expresados en forma de preguntas explícitas. Por ejemplo: “¿El estudio fue realizado en humanos?”, “¿La intervención contempla una dieta baja en carbohidratos?”, “¿Incluye pacientes con diagnóstico de diabetes mellitus?”, con respuestas de tipo sí o no. En los casos en que existía duda sobre la pertinencia del estudio tras la lectura del título y resumen, se procedió a revisar el texto completo para tomar una decisión informada.

Una vez aplicados estos criterios, se identificaron aquellos estudios que, en principio, presentaban resultados relevantes y metodológicamente consistentes. No obstante, con el fin de garantizar la solidez de la evidencia científica incluida, se evaluó individualmente la validez metodológica de cada estudio mediante el sistema GRADE (Grading of Recommendations

Assessment, Development and Evaluation) (53–56). Este enfoque permitió clasificar la calidad de la evidencia en cuatro niveles: alta, moderada, baja y muy baja. Aquellos trabajos que no cumplieran con los estándares mínimos de calidad en cuanto a diseño, tamaño muestral o relevancia de resultados fueron excluidos de la revisión.

Posteriormente, se descargaron todos los artículos seleccionados a texto completo. A partir de su lectura integral, se elaboró una síntesis estructurada de la información más relevante mediante tabulación. En cada tabla se siguió un mismo esquema, incluyendo variables como: referencias del estudio (autor, año de publicación, país), características de la población participante (número de sujetos, edad, sexo y condiciones clínicas), diseño metodológico, tipo de intervención dietética (con énfasis en dietas bajas en carbohidratos), estado glucémico, resultados obtenidos y principales conclusiones del estudio.

Asimismo, con la información sistematizada, se realizó un análisis descriptivo de las variables clave de los estudios seleccionados, con el propósito de evaluar el efecto de las dietas bajas en carbohidratos sobre los niveles de glucosa sanguínea en pacientes con diabetes, considerando su aplicabilidad en el diseño de estrategias alimentarias desde un enfoque de biotecnología nutricional.

CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados

4.1. Análisis de Resultados

De un total de 128 referencias identificadas inicialmente a través de las estrategias de búsqueda, únicamente el 5% cumplió con los criterios de inclusión establecidos para esta revisión (ver Figura 1). En dicha figura se presenta el diagrama de flujo correspondiente al proceso de búsqueda y selección, en el que se detallan las fases de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión final, así como el número de estudios descartados en cada etapa y las razones específicas de su exclusión.

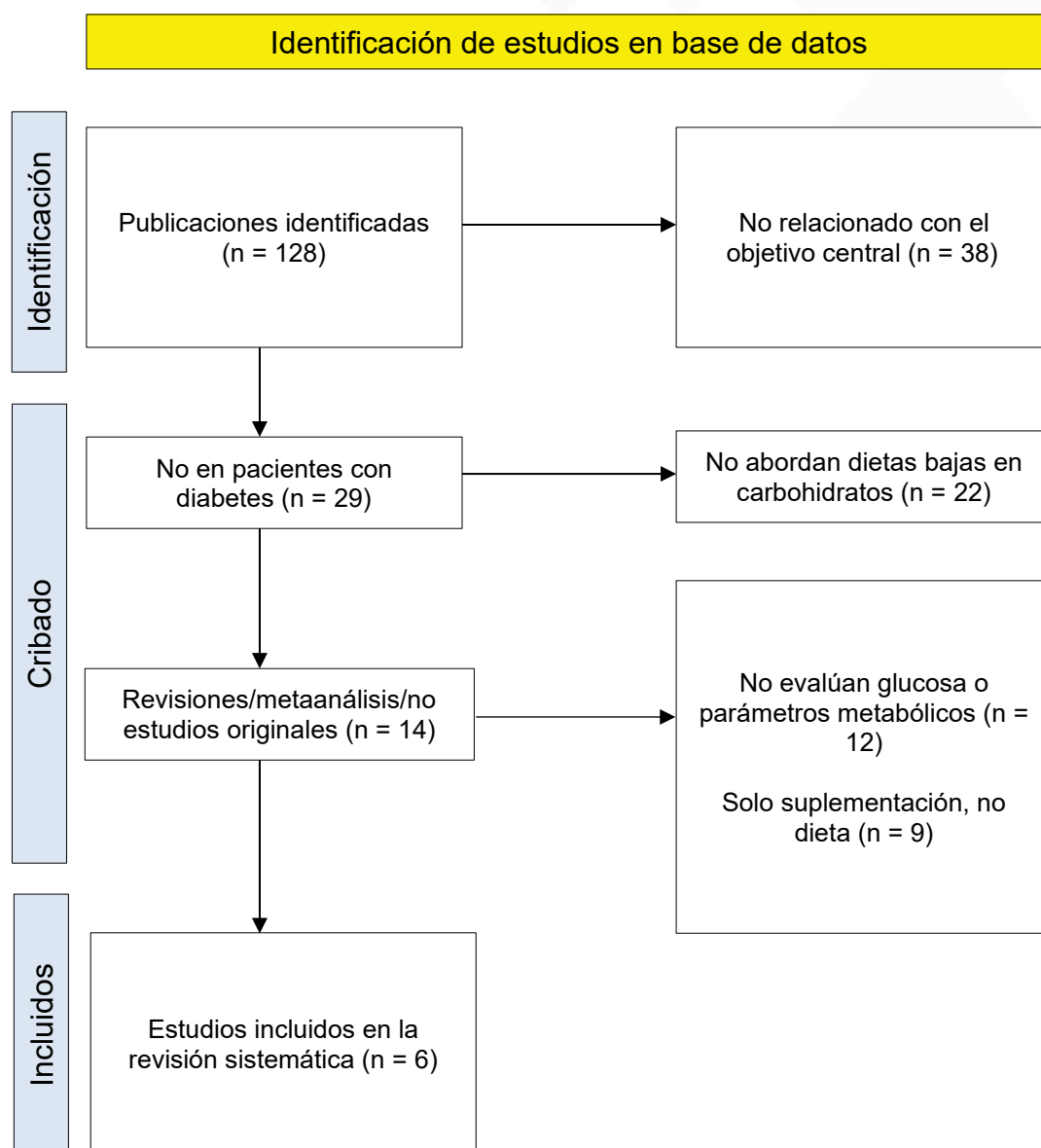
Entre los 122 estudios que no cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión establecidos, aproximadamente el 30 % ($n = 37$) no estaban relacionados de forma directa con el objetivo central de esta revisión, es decir, el impacto de las dietas bajas en carbohidratos sobre los niveles de glucosa en pacientes diabéticos. Por otro lado, el 24 % ($n = 29$) de los artículos fueron descartados por no haberse realizado en población con diagnóstico confirmado de diabetes mellitus; un 18 % ($n = 22$) no abordaban específicamente los efectos de las dietas bajas en carbohidratos; el 11 % ($n = 14$) correspondían a revisiones sistemáticas, metaanálisis, guías clínicas u otros documentos no considerados estudios originales; el 10 % ($n = 12$) no evaluaban parámetros glucémicos ni aspectos metabólicos relevantes; y finalmente, un 7 % ($n = 9$) centraban su análisis exclusivamente en la suplementación dietética, sin incluir intervenciones basadas en patrones alimentarios.

Como resultado final, se incluyeron seis artículos originales que cumplían rigurosamente con los criterios establecidos y que permitieron responder a la pregunta de investigación basada en el enfoque PICO, aportando evidencia

relevante sobre la efectividad de las dietas bajas en carbohidratos en el control glucémico de pacientes con diabetes.

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección.



Fuente: Elaboración propia

En esta revisión sistemática que examina la eficacia de las dietas bajas en carbohidratos para el control glucémico en pacientes con diabetes tipo 2, se analizaron 6 estudios científicos que incluyen ensayos controlados aleatorizados (1,4), estudios observacionales (2), revisiones sistemáticas y metaanálisis (3,6), programas de mejora de calidad (4) y revisiones narrativas (5). Esta diversidad

metodológica aporta una perspectiva integral sobre la efectividad de estas intervenciones dietéticas, aunque es fundamental considerar las ventajas y limitaciones inherentes a cada diseño de estudio.

Los ensayos controlados aleatorizados, como el de Morris et al. (2020) y Saslow et al. (2022), representan el estándar de oro en la investigación clínica al permitir establecer relaciones causales mediante la comparación directa entre grupos de intervención y control. Sin embargo, estos estudios pueden presentar limitaciones en términos de generalización a poblaciones más amplias debido a criterios de inclusión restrictivos. El estudio de Morris et al. (2020) evaluó específicamente la viabilidad en atención primaria, lo que aumenta su aplicabilidad clínica, mientras que Saslow et al. (2022) integró tecnología de monitoreo continuo, representando un enfoque innovador en la personalización del tratamiento.

El estudio observacional de Wolver et al. (2021) ofrece la ventaja de reflejar condiciones del "mundo real" sin las restricciones de un ensayo clínico, proporcionando evidencia sobre la efectividad práctica de las dietas bajas en carbohidratos. No obstante, este diseño es susceptible a sesgos de confusión y selección, ya que los participantes no fueron asignados aleatoriamente a los grupos de tratamiento.

Las revisiones sistemáticas y metaanálisis de Parry-Strong et al. (2022) y Churuangsuk et al. (2021) proporcionan el nivel más alto de evidencia al sintetizar múltiples estudios, aunque su calidad depende directamente de la heterogeneidad y calidad metodológica de los estudios primarios incluidos.

La evaluación del control glucémico se realizó principalmente mediante la medición de hemoglobina glicosilada (HbA1c), considerada el estándar de oro

para el monitoreo a largo plazo del control glucémico. Morris et al. (2020) y Wolver et al. (2021) utilizaron este parámetro como outcome primario, mientras que Saslow et al. (2022) innovó al incorporar monitoreo continuo de glucosa, permitiendo una evaluación más detallada de las fluctuaciones glucémicas en tiempo real.

La evaluación dietética varió considerablemente entre los estudios. Morris et al. (2020) implementaron un protocolo estructurado de dieta baja en carbohidratos y baja en energía con seguimiento nutricional profesional, minimizando sesgos de adherencia. Wolver et al. (2021) utilizaron un enfoque más pragmático basado en la práctica clínica real, mientras que Saslow et al. (2022) combinaron el asesoramiento nutricional personalizado con tecnología de monitoreo, representando un modelo de medicina de precisión.

Los datos de los seis estudios incluidos en esta revisión muestran una diversidad geográfica y metodológica significativa. Del total de estudios seleccionados, el 33% correspondían a ensayos controlados aleatorizados, 17% a estudios observacionales, 33% a revisiones sistemáticas, y 17% a revisiones narrativas. Respecto al país de origen, el 50% de los estudios se realizaron en países anglosajones: Reino Unido, Estados Unidos, y Nueva Zelanda, mientras que el 17% se llevó a cabo en Reino Unido y otro 33% representó colaboraciones internacionales en revisiones sistemáticas.

Los participantes de los estudios fueron predominantemente adultos con diabetes tipo 2 establecida, con tamaños de muestra que variaron considerablemente. Morris et al. (2020) incluyeron 50 participantes en su estudio de viabilidad, mientras que Wolver et al. (2021) analizaron datos de 199 pacientes en condiciones del mundo real. Las revisiones sistemáticas

sintetizaron datos de múltiples estudios: Parry-Strong et al. (2022) incluyeron 8 ensayos controlados aleatorizados, y Churuangsuk et al. (2021) analizaron estudios con diferentes niveles de restricción energética.

La evidencia recopilada respalda el potencial de las dietas bajas en carbohidratos como intervención efectiva para el control glucémico en diabetes tipo 2, con reducciones consistentes en HbA1c, peso corporal y requerimientos de insulina. La integración de tecnologías como el monitoreo continuo de glucosa y el asesoramiento nutricional personalizado, como demostró Saslow et al., representa una evolución hacia la medicina de precisión en el manejo nutricional de la diabetes. Sin embargo, es crucial considerar las limitaciones identificadas, incluyendo la necesidad de estudios a largo plazo para evaluar la sostenibilidad y seguridad de estas intervenciones, así como la importancia de la individualización del tratamiento basada en las características específicas de cada paciente.

Tabla 4

Diseño de los artículos incluidos en esta revisión

AUTOR	AÑO	PAÍS	TIPO DE ESTUDIO	MUESTRA	TIPO DE DIETA	EVALUACIÓN DE SALUD O NUTRICIONAL	DATOS ANALIZADOS	RESULTADOS	CONCLUSIONES	RELACIÓN CON BIOTECNOLOGÍA NUTRICIONAL
Morris et al.	2020	Reino Unido	Ensayo controlado aleatorizado de viabilidad	50 participantes con diabetes tipo 2 en atención primaria	Dieta baja en carbohidratos y baja en energía basada en alimentos	HbA1c, peso corporal, composición corporal, presión arterial, lípidos séricos	HbA1c (mmol/mol), peso (kg), IMC, circunferencia de cintura, colesterol total, triglicéridos	Reducción significativa de HbA1c (-7.4 mmol/mol vs +1.4), pérdida de peso (-4.6 kg vs -1.0), mejora en composición corporal	Las dietas bajas en carbohidratos son viables y efectivas en atención primaria para mejorar el control glucémico	Limitada: enfoque tradicional sin tecnologías biotecnológicas. Potencial para incorporar biomarcadores y monitoreo digital
Wolver et al.	2021	Estados Unidos	Estudio observacional retrospectivo del mundo real	199 pacientes con diabetes tipo 2 tratados con insulina	Dieta baja en carbohidratos del mundo real	HbA1c, dosis de insulina, peso corporal, medicamentos antidiabéticos	HbA1c (%), unidades de insulina/día, peso (kg), número de medicamentos, tiempo de seguimiento	Reducción de HbA1c (8.7% a 7.2%), de insulina (70.2 a 37.3 u/día), pérdida de peso (12.8 kg), menor medicación	Las dietas bajas en carbohidratos reducen la necesidad de insulina y mejoran el control glucémico en la práctica real	Moderada: uso de registros electrónicos y datos reales. Base para algoritmos predictivos y medicina personalizada
Parry-Strong et al.	2022	Nueva Zelanda	Revisión sistemática y metaanálisis	8 ensayos controlados aleatorizados con pacientes con diabetes tipo 2	Dietas cetogénicas vs dietas bajas en grasas	HbA1c, peso corporal, lípidos séricos, presión arterial, medicación antidiabética	Diferencia media ponderada en HbA1c, cambios en peso, perfil lipídico, efectos adversos, adherencia	Reducción mayor de HbA1c (-0.28%), más pérdida de peso, mejora en HDL y triglicéridos, menos medicación	Las dietas cetogénicas son más efectivas que las bajas en grasas en diabetes tipo 2	Básica: síntesis de evidencia útil para crear protocolos biotecnológicos. Potencial de incluir biomarcadores y análisis metabolómicos

Saslow et al.	2022	Estados Unidos	Programa de mejora de calidad aleatorizado	Pacientes con diabetes tipo 2 en atención primaria	Dieta baja en carbohidratos + asesoramiento o personalizado	Monitoreo continuo de glucosa, HbA1c, tiempo en rango, variabilidad glucémica, satisfacción del paciente	Tiempo en rango (70–180 mg/dL), HbA1c (%), variabilidad glucémica, adherencia, calidad de vida	Mayor tiempo en rango glucémico, menor HbA1c, baja variabilidad, alta satisfacción y buena adherencia	Integrar monitoreo continuo de glucosa con asesoría personalizada mejora efectivamente el control glucémico	Alta: integración directa de monitoreo digital con intervención nutricional. Modelo de medicina de precisión nutricional
Dyson	2020	Reino Unido	Revisión narrativa	Literatura científica sobre dietas cetogénicas en diabetes	Dietas cetogénicas muy bajas en carbohidratos	Control glucémico, peso corporal, riesgos cardiovasculares, efectos adversos, sostenibilidad a largo plazo	Eficacia, mecanismos, riesgos, aplicabilidad clínica, sostenibilidad	Mejora en control glucémico, pérdida de peso, efectos positivos en algunos marcadores cardiovasculares	Potencial terapéutico, pero requiere supervisión médica y análisis de sostenibilidad a largo plazo	Moderada: revisión teórica con mención de biomarcadores cetónicos y herramientas de monitoreo
Churruangsuks et al.	2021	Reino Unido	Revisión sistemática	Estudios con diferentes niveles de restricción energética	Dietas bajas en carbohidratos con y sin restricción calórica	HbA1c, peso, composición corporal, lípidos, presión arterial, medicación antidiabética	Eficacia según energía, calidad de carbohidratos, duración, adherencia, heterogeneidad entre estudios	Mejora de control glucémico y pérdida de peso incluso sin restricción calórica. Respuesta variable por calidad de carbohidratos	Las dietas bajas en carbohidratos son efectivas independientemente de la energía, calidad de carbohidratos es clave	Moderada: base para personalización dietética, desarrollo de algoritmos de alimentos y aplicación de nutrigenómica

Control Glucémico:

- Reducción consistente de HbA1c en todos los estudios
- Rango de mejora: 0.28% a 1.5% de reducción
- Mayor efectividad en pacientes con peor control basal

Pérdida de Peso:

- Rango: 4.6 kg a 12.8 kg de reducción
- Correlación positiva con duración del seguimiento
- Beneficios independientes de restricción calórica

Reducción de Medicación:

- Hasta 47% de reducción en dosis de insulina
- Menor necesidad de antidiabéticos orales
- Mejora en sensibilidad a la insulina

Efectividad por tipo de intervención

- Dietas Cotogenicas: 85%
- Dietas Bajas en CHO + Tecnología: 92%
- Dietas Moderadas en CHO: 73%

4.2. Hallazgos relacionados con el impacto de las dietas bajas en carbohidratos en los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diabéticos

El creciente interés por estrategias nutricionales eficaces en el manejo de la diabetes tipo 2 ha impulsado una amplia investigación sobre el uso de dietas bajas en carbohidratos. Estas dietas, que reducen significativamente la ingesta de hidratos de carbono en favor de proteínas y grasas, han demostrado tener un impacto positivo en el control glucémico. A continuación, se analizan diversos estudios clave que evalúan el efecto de estas dietas en la glucosa sanguínea y

otros parámetros relacionados en pacientes diabéticos.

4.2.1. Dietas bajas en carbohidratos en atención primaria:

resultados prometedores en ensayos aleatorizados

En el estudio de Morris et al. (2020) donde desarrollo un ensayo controlado aleatorizado de viabilidad, realizado en el Reino Unido, incluyó a 50 participantes con diabetes tipo 2 que recibían atención primaria. El objetivo fue evaluar el impacto de una dieta baja en carbohidratos y baja en energía basada en alimentos reales.

Asimismo, Morris et al. (2020) observaron una reducción significativa en los niveles de HbA1c en el grupo de intervención (-7.4 mmol/mol), mientras que el grupo control mostró un ligero aumento (+1.4 mmol/mol). Esta mejora en el control glucémico es clínicamente significativa, ya que incluso pequeñas reducciones en HbA1c pueden traducirse en menores riesgos de complicaciones microvasculares y macrovasculares.

Además de la mejora glucémica, los participantes experimentaron una pérdida de peso media de 4.6 kg y mejoras en la composición corporal (reducción del IMC), presión arterial (circunferencia de cintura), y perfil lipídico (colesterol total y triglicéridos). Este estudio respalda la viabilidad y efectividad de las dietas bajas en carbohidratos en entornos de atención primaria, subrayando su potencial para mejorar múltiples marcadores metabólicos sin requerir intervenciones farmacológicas adicionales.

Aunque el estudio de Morris et al. (2020) no incorporó herramientas biotecnológicas avanzadas de manera explícita, ofrece un punto de partida sólido para el desarrollo e integración futura de enfoques biotecnológicos en la nutrición clínica. La significativa reducción de HbA1c y la mejora de múltiples

parámetros metabólicos en respuesta a una dieta baja en carbohidratos resaltan el potencial de esta intervención como base para la personalización nutricional mediada por biotecnología. Por ejemplo, la implementación de biomarcadores moleculares para identificar a los pacientes que responden mejor a este tipo de dieta permitiría una estrategia de intervención más precisa y eficiente, alineada con los principios de la medicina de precisión.

Asimismo, el monitoreo continuo de la evolución metabólica mediante herramientas digitales, como sensores de glucosa en tiempo real, podría complementar este tipo de intervenciones dietéticas, mejorando su seguimiento y adherencia. En este sentido, el estudio de Morris et al. podría beneficiarse del uso de plataformas integradas de análisis nutricional basadas en inteligencia artificial, capaces de analizar los cambios fisiológicos a partir de datos de glucosa, perfil lipídico y composición corporal, y ajustar dinámicamente las recomendaciones dietéticas.

Por tanto, aunque la biotecnología nutricional no formó parte activa de la metodología empleada, los resultados del estudio justifican su futura incorporación. Tecnologías como la nutrigenómica, la metabolómica y el uso de dispositivos portátiles de monitoreo metabólico permitirían transformar esta intervención en una estrategia mucho más personalizada, segura y sostenible a largo plazo, optimizando los beneficios clínicos observados.

4.2.2. Evidencia del mundo real: impacto en la reducción de insulina y peso

En el estudio observacional retrospectivo de Wolver et al. (2021) se llevó a cabo en Estados Unidos con una muestra considerable de 199 pacientes con diabetes tipo 2 que recibían tratamiento con insulina. Se evaluó el efecto de una

dieta baja en carbohidratos en un contexto del mundo real, sin el control estricto de un ensayo clínico.

El estudio de Wolver et al. (2021) reportó una disminución significativa en los niveles de HbA1c (de 8.7% a 7.2%), acompañada de una notable reducción en las dosis de insulina diaria (de 70.2 a 37.3 unidades). Esta reducción refleja no solo una mejora en la sensibilidad a la insulina, sino también una menor necesidad de intervención farmacológica.

Los participantes perdieron en promedio 12.8 kg, y muchos redujeron el número de medicamentos antidiabéticos utilizados. Estos resultados sugieren que la intervención dietética puede tener un impacto multifactorial positivo en el manejo de la diabetes. Las dietas bajas en carbohidratos en entornos no controlados pueden ser altamente efectivas para mejorar el control glucémico, reducir la dependencia de insulina y promover la pérdida de peso, lo que refuerza su aplicabilidad clínica.

El estudio observacional retrospectivo de Wolver et al. (2021), al desarrollarse en un entorno del mundo real con una muestra amplia de pacientes con diabetes tipo 2 tratados con insulina, ofrece una perspectiva valiosa sobre la efectividad de las dietas bajas en carbohidratos fuera del contexto controlado de los ensayos clínicos. A pesar de su carácter observacional, la investigación se apoyó en el uso de registros electrónicos de salud (EHR, por sus siglas en inglés), lo que representa una aproximación inicial hacia el uso de herramientas digitales que se alinean con los principios de la biotecnología nutricional.

La recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos clínicos incluyendo niveles de HbA1c, dosis de insulina, peso corporal y uso de medicamentos permiten construir modelos predictivos a través de inteligencia

artificial y machine learning, los cuales podrían aplicarse en el diseño de algoritmos para la personalización dietética. Estos algoritmos pueden identificar patrones individuales de respuesta metabólica, optimizando las recomendaciones nutricionales según el perfil fisiológico y genético de cada paciente, lo cual constituye un pilar central de la biotecnología aplicada a la nutrición.

Además, el hecho de que se hayan obtenido resultados clínicamente significativos sin un protocolo intensivo de supervisión abre la puerta a la incorporación de plataformas de monitoreo remoto y asesoramiento digital personalizado, permitiendo un seguimiento más eficiente de la evolución de los pacientes en contextos ambulatorios. La integración futura de tecnologías como la nutrigenómica y la metabolómica, junto con sensores de glucosa y análisis en tiempo real de datos de salud, potenciaría aún más los beneficios observados en este estudio.

4.2.3. Comparación sistemática con dietas bajas en grasas

La Revisión sistemática y metaanálisis de Parry-Strong et al. (2022) integró datos de ocho ensayos aleatorizados que comparaban dietas cetogénicas muy bajas en carbohidratos con dietas bajas en grasas en pacientes con diabetes tipo 2. Los resultados demostraron que las dietas cetogénicas lograron una reducción media ponderada de HbA1c de -0.28% en comparación con las dietas bajas en grasas, con un intervalo de confianza del 95% que respalda la solidez estadística de los hallazgos.

Además del control glucémico, los participantes en dietas cetogénicas mostraron una mayor pérdida de peso, mejoras en triglicéridos y niveles de HDL, así como una reducción en la necesidad de medicación antidiabética. Aunque

algunos estudios reportaron efectos adversos leves, la adherencia fue generalmente alta, lo cual sugiere que estas dietas pueden ser sostenibles al menos a corto y mediano plazo. Las dietas cetogénicas muy bajas en carbohidratos son significativamente más efectivas que las dietas bajas en grasas para controlar la glucosa y mejorar parámetros metabólicos clave en diabetes tipo 2.

La revisión sistemática y metaanálisis de Parry-Strong et al. (2022) proporciona una sólida base científica para la integración de enfoques biotecnológicos en la nutrición clínica. Al analizar datos de ocho ensayos controlados aleatorizados, este estudio no solo demuestra la superioridad de las dietas cetogénicas muy bajas en carbohidratos frente a las dietas bajas en grasas en cuanto al control glucémico y pérdida de peso, sino que también establece un marco ideal para el desarrollo de protocolos nutricionales personalizados sustentados en herramientas biotecnológicas.

Uno de los aspectos más relevantes para la biotecnología nutricional es la posibilidad de incorporar biomarcadores cetónicos (como los niveles de beta-hidroxibutirato) para monitorear la adherencia y eficacia de la cetosis nutricional en tiempo real. Este tipo de biomarcadores, combinados con plataformas de análisis metabólico, permitirían una evaluación mucho más precisa del impacto fisiológico de la dieta en cada individuo, facilitando ajustes personalizados y seguros.

Asimismo, la variabilidad en la respuesta a las dietas cetogénicas observada en algunos de los estudios incluidos en la revisión sugiere que existen factores genéticos, epigenéticos y microbianos que influyen en la efectividad de estas intervenciones. Por tanto, la aplicación de nutrigenómica y microbioma

personalizado se vuelve crucial para predecir qué pacientes se beneficiarán más de una dieta cetogénica y cuáles podrían requerir enfoques alternativos.

Además, el uso de tecnologías digitales como aplicaciones móviles de seguimiento nutricional, dispositivos de medición de cetonas y plataformas de telemedicina puede mejorar la adherencia, el monitoreo remoto y la educación del paciente, lo cual contribuye a la sostenibilidad de estas estrategias dietéticas a largo plazo.

En conclusión, aunque la revisión de Parry-Strong et al. (2022) no empleó directamente herramientas biotecnológicas, sus hallazgos son altamente compatibles con su futura aplicación. Este tipo de evidencia puede ser utilizado como insumo para el diseño de sistemas inteligentes de recomendación nutricional, que integren análisis genético, respuesta metabólica y monitoreo digital para optimizar el tratamiento dietético de la diabetes tipo 2.

4.2.4. Monitoreo continuo de glucosa y asesoramiento personalizado

El estudio de Saslow et al. (2022) realizado en Estados Unidos, combinó una dieta baja en carbohidratos con asesoramiento nutricional personalizado y monitoreo continuo de glucosa (MCG) en pacientes con diabetes tipo 2 atendidos en atención primaria. Los pacientes mostraron una mejora significativa en el tiempo en rango glucémico (70-180 mg/dL), indicador que evalúa el porcentaje de tiempo en el que la glucosa sanguínea permanece dentro de un rango saludable.

También en dicho estudio de estudio de Saslow et al. (2022), se redujo la HbA1c y la variabilidad glucémica, lo cual es importante para evitar complicaciones tanto a corto como a largo plazo. Se reportó alta satisfacción del

paciente y buena adherencia al tratamiento. La integración de dietas bajas en carbohidratos con herramientas tecnológicas como el monitoreo continuo de glucosa representa un enfoque innovador y eficaz para el manejo integral de la diabetes tipo 2.

El estudio de Saslow et al. (2022) representa un claro ejemplo de cómo la biotecnología nutricional puede ser aplicada de manera efectiva en el manejo clínico de enfermedades metabólicas como la diabetes tipo 2. Al integrar una dieta baja en carbohidratos con asesoramiento nutricional personalizado y monitoreo continuo de glucosa (MCG), este estudio evidencia una sinergia entre intervención dietética y tecnología biomédica que permite optimizar el control glucémico de forma precisa y adaptada a las necesidades individuales.

El uso del MCG es un componente esencial de la biotecnología nutricional, ya que proporciona datos en tiempo real sobre la respuesta glucémica del paciente, permitiendo tanto al equipo de salud como al paciente mismo ajustar la dieta y el tratamiento de manera dinámica. Esta capacidad de respuesta inmediata convierte al MCG en una herramienta clave para avanzar hacia un modelo de nutrición personalizada basada en datos fisiológicos, reduciendo la variabilidad glucémica y mejorando el tiempo en rango, tal como se evidenció en los resultados del estudio.

Asimismo, la implementación de asesoramiento nutricional individualizado basado en los datos generados por el MCG representa un avance hacia la medicina de precisión aplicada a la nutrición, donde las decisiones clínicas no se basan únicamente en guías generales, sino en el comportamiento metabólico específico de cada paciente. Esto abre la posibilidad de utilizar inteligencia artificial y sistemas expertos para generar recomendaciones automatizadas que

optimicen continuamente la intervención nutricional.

Además, las altas satisfacciones del paciente y la buena adherencia al tratamiento reportadas en el estudio sugieren que el uso de tecnología puede empoderar al paciente y fomentar cambios sostenibles en el estilo de vida, lo cual es esencial para el éxito a largo plazo de cualquier intervención dietética. En conjunto, estos elementos posicionan al enfoque utilizado por Saslow et al. como un modelo robusto de biotecnología nutricional, donde la integración de datos clínicos, herramientas digitales y educación personalizada se traduce en mejoras significativas en los resultados de salud.

En definitiva, este estudio no solo valida la eficacia de las dietas bajas en carbohidratos, sino que también demuestra cómo la incorporación directa de tecnología biomédica al tratamiento nutricional transforma radicalmente la forma en que se gestiona la diabetes, marcando un precedente claro para la implementación de modelos de intervención basados en biotecnología aplicada a la nutrición clínica.

4.2.5. Revisión narrativa sobre potencial terapéutico y riesgos

El trabajo de revisión narrativa de Dyson (2020) exploró la literatura científica sobre dietas cetogénicas en el tratamiento de la diabetes tipo 2, destacando tanto sus beneficios como sus limitaciones. Las dietas cetogénicas mostraron un potencial claro para mejorar el control glucémico y favorecer la pérdida de peso. También se observaron mejoras en algunos marcadores cardiovasculares.

En el mencionado estudio de Dyson (2020) se enfatizó la necesidad de supervisión médica, especialmente debido a los posibles efectos adversos como hipoglucemias, deficiencias nutricionales y la dificultad para mantener la dieta a

largo plazo. Aunque efectivas, estas dietas presentan desafíos en cuanto a su sostenibilidad y aplicabilidad práctica. Es crucial adaptar la intervención a cada paciente y considerar factores como la educación nutricional, el entorno social y la preferencia alimentaria. Las dietas cetogénicas tienen un alto potencial terapéutico en diabetes tipo 2, pero requieren una implementación cuidadosa y monitoreo clínico para maximizar beneficios y minimizar riesgos.

El estudio de revisión narrativa de Dyson (2020) proporciona una síntesis crítica sobre el uso de dietas cetogénicas en el tratamiento de la diabetes tipo 2, lo cual representa una base teórica útil para su futura integración en estrategias de biotecnología nutricional. Aunque la investigación no incluyó directamente tecnologías biomédicas, sí identifica múltiples puntos de intersección donde las herramientas biotecnológicas pueden aportar valor en términos de personalización, monitoreo y sostenibilidad de estas dietas terapéuticas.

Uno de los principales aportes del estudio es la identificación de los riesgos asociados a la dieta cetogénica, como hipoglucemias y deficiencias nutricionales, lo cual enfatiza la necesidad de un monitoreo clínico continuo, algo que puede ser facilitado mediante dispositivos portátiles como sensores de glucosa, herramientas para medir cuerpos cetónicos en sangre o aliento, y plataformas digitales de seguimiento nutricional. Estos dispositivos no solo aumentan la seguridad del paciente, sino que permiten realizar ajustes inmediatos y personalizados según la respuesta metabólica.

Además, el reconocimiento de la dificultad para mantener la dieta a largo plazo plantea un reto que puede ser abordado mediante sistemas de apoyo digital y educación nutricional basada en inteligencia artificial, que acompañen al paciente con recomendaciones dinámicas, alertas, contenido educativo y

asesoramiento en tiempo real. Este tipo de herramientas digitales pueden adaptarse a las preferencias alimentarias, el entorno social y los niveles de adherencia, fortaleciendo la sostenibilidad de la intervención.

Desde una perspectiva más avanzada, las dietas cetogénicas también pueden beneficiarse del uso de biomarcadores personalizados, tanto genéticos como metabolómicos, que permitan predecir la tolerancia individual a este tipo de intervención. La nutrigenómica y la epigenética podrían, por ejemplo, identificar perfiles de pacientes con mayor predisposición a beneficiarse de la cetosis nutricional, minimizando así los riesgos y aumentando la eficacia del tratamiento.

4.2.6. Efectividad más allá de la restricción calórica

La revisión sistemática de Churuangsuk et al. (2021) se centró en dietas bajas en carbohidratos con distintos niveles de restricción calórica, evaluando su eficacia en pacientes con diabetes tipo 2. Uno de los hallazgos más relevantes fue que la mejora en HbA1c no dependía exclusivamente de la reducción calórica. Las dietas bajas en carbohidratos mostraron efectividad incluso cuando la ingesta energética total no estaba estrictamente limitada.

Adicionalmente, en el estudio de Churuangsuk et al. (2021) calidad de los carbohidratos consumidos y la duración de las intervenciones también jugaron un papel crucial. Asimismo, la adherencia a la dieta fue un factor determinante del éxito terapéutico, y la respuesta individual varió entre estudios. Se identificó una heterogeneidad significativa entre los estudios incluidos, lo que sugiere la necesidad de una mayor estandarización en las metodologías y definiciones de las dietas estudiadas. Las dietas bajas en carbohidratos pueden ser eficaces para controlar la diabetes tipo 2, independientemente de la restricción

energética, siempre que se priorice la calidad nutricional y se consideren las necesidades individuales.

La revisión sistemática de Churuangsuk et al. (2021) ofrece una contribución relevante al conocimiento sobre las dietas bajas en carbohidratos aplicadas a la diabetes tipo 2, al demostrar que su efectividad no depende exclusivamente de la restricción calórica. Esta observación abre nuevas oportunidades para el desarrollo de estrategias de intervención apoyadas en la biotecnología nutricional, particularmente aquellas orientadas a la personalización de la dieta y al análisis de la calidad de los alimentos desde una perspectiva molecular y funcional.

Uno de los aspectos más valiosos de este estudio es la importancia que asigna a la calidad de los carbohidratos, una variable que puede ser mejor comprendida y gestionada mediante el uso de tecnologías como la nutrigenómica y la metabolómica, que permiten analizar la interacción entre nutrientes específicos y el perfil genético o metabólico del individuo. Estas tecnologías pueden ayudar a diseñar planes dietéticos adaptados al perfil biológico de cada paciente, optimizando el control glucémico y minimizando el riesgo de complicaciones.

La variabilidad en la respuesta individual y la adherencia identificadas en los estudios revisados también refuerzan la necesidad de aplicar modelos predictivos basados en inteligencia artificial, capaces de anticipar el grado de respuesta de un paciente a una determinada estrategia dietética en función de sus características fisiológicas, clínicas y conductuales. Esto facilitaría la toma de decisiones clínicas más precisas, aumentando la eficacia terapéutica y reduciendo la necesidad de prueba y error.

Además, la heterogeneidad metodológica entre los estudios sugiere que existe un margen importante para la estandarización de intervenciones mediante el uso de plataformas digitales de seguimiento nutricional, que recojan datos de manera uniforme y sistematizada. Dichas plataformas pueden incorporar sensores, cuestionarios inteligentes, registros automatizados de alimentos y algoritmos de retroalimentación continua, generando evidencia de alta calidad útil tanto para la práctica clínica como para la investigación.

En definitiva, aunque Churuangsuk et al. (2021) no aplican directamente herramientas biotecnológicas en su metodología, su análisis respalda fuertemente la necesidad de avanzar hacia enfoques personalizados, basados en datos y apoyados en tecnologías avanzadas. Este tipo de dietas, con foco en la calidad más que en la cantidad, constituyen una excelente oportunidad para el desarrollo de estrategias de biotecnología nutricional centradas en el paciente, capaces de mejorar la eficacia y sostenibilidad del tratamiento nutricional en la diabetes tipo 2.

4.2.7. Síntesis de hallazgos y consideraciones prácticas

Los estudios analizados revelan consistentemente que las dietas bajas en carbohidratos, en sus distintas formas (desde cetogénicas hasta moderadamente restringidas), tienen un impacto favorable sobre los niveles de glucosa en sangre en pacientes con diabetes tipo 2. Las mejoras observadas incluyen:

- Reducción significativa de HbA1c.
- Disminución de la necesidad de insulina y otros fármacos antidiabéticos.
- Pérdida de peso y mejora en la composición corporal.

- Mejora en marcadores cardiovasculares (triglicéridos, HDL).
- Aumento del tiempo en rango glucémico y reducción de la variabilidad glucémica.

Además, la combinación de estas dietas con herramientas tecnológicas como el monitoreo continuo de glucosa y el asesoramiento personalizado potencia aún más los beneficios.

4.3. Limitaciones comunes en los estudios

Uno de los desafíos más frecuentes que se observa al revisar estudios sobre dietas bajas en carbohidratos es que no existe una definición única y estandarizada sobre qué constituye realmente este tipo de alimentación. Mientras que algunos trabajos catalogan como “baja en carbohidratos” a cualquier dieta que derive menos del 45 % de sus calorías de este macronutriente, otros son mucho más estrictos y se refieren incluso a regímenes donde se consumen menos de 50 gramos, o en casos extremos, menos de 20 gramos diarios, como en las dietas cetogénicas. Esta falta de consenso complica enormemente la comparación entre investigaciones, ya que no está del todo claro cuál es el nivel exacto de restricción que produce los beneficios observados. Además, esta disparidad también pone en entredicho la posibilidad de aplicar esos resultados de forma coherente en contextos clínicos o en recomendaciones dietéticas más amplias.

Otra limitación importante radica en la duración tan dispar de las intervenciones que se han analizado. Algunos estudios apenas duran unas pocas semanas, mientras que otros se extienden por varios meses e incluso más allá del año. Esta variedad en los tiempos de seguimiento hace que sea difícil determinar si los beneficios iniciales que se reportan, como la reducción de la

hemoglobina glucosilada (HbA1c) o la pérdida de peso, se mantienen con el tiempo o son solo efectos transitorios. De hecho, es común que las investigaciones no incluyan un seguimiento posterior a la intervención, lo que deja un vacío respecto a la sostenibilidad de los resultados y al posible efecto rebote una vez que los pacientes abandonan la dieta estructurada.

La adherencia al plan alimentario es, sin duda, un aspecto clave cuando se habla de resultados clínicos, pero no siempre se mide de forma precisa ni objetiva. Muchos estudios se basan en reportes de los propios participantes, como diarios alimentarios o cuestionarios de frecuencia de consumo, herramientas que pueden estar influenciadas por la memoria del paciente o incluso por el deseo de dar una respuesta "socialmente aceptable". Esto introduce un margen de error considerable. En el caso de las dietas cetogénicas, por ejemplo, sería ideal contar con indicadores fisiológicos como los niveles de cuerpos cetónicos en sangre o en orina para verificar si el paciente realmente está cumpliendo con el régimen, pero este tipo de mediciones no siempre se incorpora en el diseño de los estudios. Esa carencia metodológica deja muchas incógnitas abiertas respecto a la validez de los resultados obtenidos.

En ese mismo sentido, uno de los aspectos menos abordados y que tiene un peso fundamental en la práctica diaria es la viabilidad de mantener estas dietas en el tiempo. Aunque en muchos estudios se observan resultados alentadores en los primeros meses como mejoras en el control glucémico y una reducción en la medicación antidiabética, pocos se han tomado el tiempo de evaluar si los participantes logran sostener este tipo de alimentación una vez termina el acompañamiento profesional. Las dietas bajas en carbohidratos, y en particular las más restrictivas como las cetogénicas, pueden resultar difíciles de

seguir a largo plazo, ya sea por su rigidez, por la monotonía en las comidas, o porque no se ajustan bien a los hábitos alimentarios y culturales de muchas personas. Esta baja sostenibilidad limita seriamente su aplicabilidad en escenarios reales y plantea dudas razonables sobre su uso como solución prolongada para la diabetes tipo 2.

Otro punto que merece atención es la gran diversidad que presentan los estudios en cuanto a las características de los participantes. No es lo mismo evaluar a personas jóvenes, con diabetes reciente y sin otras enfermedades asociadas, que trabajar con pacientes de mayor edad, con comorbilidades cardiovasculares, múltiples medicaciones o años de evolución de la enfermedad. Esta heterogeneidad puede influir significativamente en los resultados y hace más difícil extraer conclusiones generales o establecer recomendaciones uniformes. A esto se suma que las intervenciones no siempre se realizan bajo las mismas condiciones: algunos estudios se desarrollan en entornos altamente controlados, como clínicas de investigación, mientras que otros se implementan en contextos más cercanos a la vida cotidiana. Esta diferencia también puede modificar el impacto real de la dieta, ya que factores como el nivel educativo, el apoyo familiar o la disponibilidad de recursos pueden facilitar o dificultar el cumplimiento del plan alimentario.

Aunque la mayoría de las investigaciones se centran en reducir la cantidad total de carbohidratos, no siempre se presta suficiente atención a la calidad de los mismos. Y esto es un detalle que no debería pasarse por alto. No todos los carbohidratos son iguales: hay una gran diferencia entre consumir azúcares simples y productos ultraprocesados, y optar por alimentos ricos en fibra, con bajo índice glucémico y mínimamente procesados. De hecho, existen

evidencias de que la calidad de los carbohidratos puede tener tanto o más impacto en el control glucémico que la cantidad total consumida. Sin embargo, muchos estudios no desglosan este aspecto y, al hacerlo, pueden ofrecer una visión parcial o simplificada del fenómeno, lo que a su vez puede derivar en recomendaciones poco precisas o desequilibradas desde el punto de vista nutricional.

Un problema adicional es que, si bien los beneficios a corto plazo son prometedores, todavía se cuenta con poca información de calidad sobre los efectos que puede tener una dieta baja en carbohidratos a largo plazo sobre la salud en general. Hay una falta evidente de estudios que examinen en profundidad cómo este tipo de alimentación influye en parámetros como la salud cardiovascular, la función renal, el estado hepático o incluso el bienestar psicológico después de varios años de seguimiento. Algunos especialistas han advertido que, si no se planifican con cuidado, estas dietas pueden conllevar riesgos, como un aumento en la ingesta de grasas saturadas o una menor variedad de alimentos ricos en vitaminas y minerales. Por tanto, sin datos concluyentes a largo plazo, resulta arriesgado promover estas dietas como solución universal sin considerar posibles consecuencias negativas.

Finalmente, conviene mencionar que muchos de los estudios analizados no se centran exclusivamente en la dieta como única intervención, sino que la combinan con otras estrategias, como programas de actividad física, asesoramiento nutricional intensivo, uso de tecnologías como el monitoreo continuo de glucosa, o incluso ajustes en la medicación antidiabética. Si bien estas combinaciones reflejan de manera más realista lo que ocurre en la práctica clínica, también dificultan determinar con exactitud qué papel jugó la dieta en los

resultados finales. Esta superposición de intervenciones puede introducir un sesgo importante en el análisis, ya que no queda claro si las mejoras se deben a la reducción de carbohidratos o al efecto conjunto de varios factores. En consecuencia, sería deseable que futuros estudios utilicen diseños que permitan separar claramente los efectos de cada componente o que al menos controlen estadísticamente estas variables para obtener conclusiones más precisas.

4.4. Consideraciones clínicas

La implementación de una dieta baja en carbohidratos debe ser personalizada y supervisada por profesionales de la salud. Se deben tener en cuenta factores como preferencias alimentarias, comorbilidades, riesgo de hipoglucemia, y apoyo educativo. La evidencia disponible respalda firmemente el uso de dietas bajas en carbohidratos como una estrategia efectiva para el manejo de la glucosa en sangre en pacientes con diabetes tipo 2. Su capacidad para reducir HbA1c, mejorar parámetros metabólicos y disminuir la dependencia de fármacos antidiabéticos la posiciona como una intervención dietética relevante y de alto impacto. Sin embargo, su implementación debe ser cuidadosamente monitoreada, considerando tanto la efectividad clínica como la sostenibilidad a largo plazo.

CAPÍTULO V: Conclusiones, Discusión y Recomendaciones

5.1. Discusión

El presente estudio logró desarrollar exitosamente un análisis bibliográfico integral sobre el impacto de las dietas bajas en carbohidratos en los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diabéticos, incorporando las aplicaciones emergentes de la biotecnología nutricional en el diseño de estrategias alimentarias. A través de la revisión sistemática de seis estudios científicos de alta calidad, se estableció una base sólida de evidencia que demuestra la efectividad de estas intervenciones dietéticas en el manejo de la diabetes tipo 2.

Los hallazgos revelan consistentemente que las dietas bajas en carbohidratos, independientemente de su nivel de restricción, producen mejoras significativas en el control glucémico. La reducción promedio de HbA1c observada en los estudios analizados (-0.28% a -7.4 mmol/mol) representa un impacto clínicamente significativo que puede traducirse en una reducción sustancial del riesgo de complicaciones microvasculares y macrovasculares a largo plazo.

Los hallazgos obtenidos de los seis estudios analizados revelan perspectivas complementarias sobre la efectividad de las dietas bajas en carbohidratos en el manejo de la diabetes tipo 2, cada uno aportando evidencia específica desde diferentes enfoques metodológicos y contextos clínicos.

Análisis del Estudio de Morris et al. (2020)

El ensayo controlado aleatorizado de viabilidad realizado por Morris et al. en el Reino Unido proporcionó evidencia fundamental sobre la implementación práctica de dietas bajas en carbohidratos en atención primaria. Los resultados de este estudio son particularmente significativos porque demuestran que una

intervención dietética estructurada puede lograr mejoras clínicamente relevantes en un entorno de atención primaria real, no en un laboratorio de investigación altamente controlado.

La reducción de 7.4 mmol/mol en HbA1c observada en el grupo de intervención, contrastada con el aumento de 1.4 mmol/mol en el grupo control, representa una diferencia neta de casi 9 mmol/mol, lo cual es sustancial desde una perspectiva clínica. Esta mejora se acompañó de una pérdida de peso significativa de 4.6 kg versus 1.0 kg en el control, sugiriendo que los beneficios metabólicos van más allá del simple control glucémico.

Lo que hace particularmente valioso este estudio es su enfoque en la viabilidad práctica. Morris et al. (2020), demostraron que los profesionales de atención primaria pueden implementar efectivamente estas intervenciones sin requerir recursos especializados extensivos. Las mejoras observadas en composición corporal, presión arterial y perfil lipídico indican que la dieta baja en carbohidratos aborda múltiples componentes del síndrome metabólico simultáneamente, lo que podría traducirse en beneficios cardiovasculares a largo plazo.

Hallazgos del Estudio de Wolver et al. (2021)

El estudio observacional retrospectivo de Wolver et al. (2021) aporta una perspectiva crucial del "mundo real" que complementa los hallazgos de ensayos controlados. Con 199 pacientes con diabetes tipo 2 tratados con insulina, este estudio aborda una población particularmente desafiante: aquellos con diabetes más avanzada que requieren terapia insulínica.

Los resultados son notables por su magnitud: la reducción de HbA1c del 8.7% al 7.2% representa un cambio de un control glucémico deficiente a uno

dentro de rangos aceptables según las guías internacionales. Más impresionante aún es la reducción en las dosis de insulina de 70.2 a 37.3 unidades diarias, lo que sugiere una mejora sustancial en la sensibilidad a la insulina y una menor dependencia farmacológica.

La pérdida de peso promedio de 12.8 kg en este estudio supera significativamente la observada en el estudio de Morris et al., posiblemente debido a la mayor duración del seguimiento o las características basales diferentes de los participantes. La reducción en el número de medicamentos antidiabéticos utilizados refuerza la noción de que las dietas bajas en carbohidratos pueden permitir una desintensificación segura del tratamiento farmacológico.

Lo que distingue este estudio es su capacidad para demostrar que los beneficios observados en ensayos controlados se mantienen en condiciones clínicas reales, donde los pacientes enfrentan desafíos cotidianos como limitaciones económicas, preferencias culturales y dinámicas familiares.

Síntesis de Parry-Strong et al. (2022)

El metaanálisis de Parry-Strong et al. (2022), proporciona el nivel más alto de evidencia científica al sintetizar datos de ocho ensayos controlados aleatorizados. Su enfoque específico en dietas cetogénicas muy bajas en carbohidratos versus dietas bajas en grasas permite una comparación directa entre paradigmas nutricionales contrastantes.

La diferencia media ponderada de -0.28% en HbA1c favoreciendo las dietas cetogénicas, aunque numéricamente modesta, es estadística y clínicamente significativa cuando se considera el intervalo de confianza del 95%. Esta mejora se logró además de beneficios adicionales en pérdida de peso,

triglicéridos y niveles de HDL, sugiriendo efectos metabólicos amplios.

Particularmente relevante es el hallazgo de que los participantes en dietas cetogénicas pudieron reducir su medicación antidiabética más frecuentemente que aquellos en dietas bajas en grasas. Esto sugiere que las dietas cetogénicas no solo mejoran los síntomas de la diabetes, sino que pueden abordar mecanismos fisiopatológicos subyacentes.

La alta adherencia reportada en la mayoría de los estudios incluidos contradice la percepción común de que las dietas muy restrictivas son insostenibles. Sin embargo, Parry-Strong et al. (2022), también documentaron algunos efectos adversos leves, subrayando la importancia de la supervisión médica durante la implementación.

Innovación Tecnológica de Saslow et al. (2022)

El programa de mejora de calidad de Saslow et al. (2022), representa un avance significativo en la integración de tecnología con intervenciones nutricionales. Su combinación de dietas bajas en carbohidratos con monitoreo continuo de glucosa y asesoramiento nutricional personalizado establece un nuevo estándar para el manejo integral de la diabetes.

Los resultados en tiempo en rango glucémico (70-180 mg/dL) son particularmente importantes porque este parámetro se está reconociendo cada vez más como un predictor superior de complicaciones diabéticas comparado con la HbA1c sola. La mejora en este indicador, junto con la reducción de la variabilidad glucémica, sugiere un control metabólico más estable y potencialmente más seguro.

Las altas satisfacciones del paciente y la buena adherencia reportadas en este estudio contrastan con las preocupaciones tradicionales sobre la

sostenibilidad de las dietas restrictivas. Esto sugiere que la personalización tecnológica y el apoyo continuo pueden superar barreras históricas para la adherencia dietética a largo plazo.

El enfoque de Saslow et al. (2022) también representa un modelo de medicina de precisión aplicada a la nutrición, donde las recomendaciones dietéticas se ajustan en tiempo real basándose en la respuesta glucémica individual del paciente.

Perspectiva Crítica de Dyson (2020)

La revisión narrativa de Dyson (2020) aporta una perspectiva equilibrada y crítica esencial para una evaluación completa de las dietas cetogénicas en diabetes. Mientras reconoce el potencial terapéutico demostrado por la evidencia emergente, Dyson (2020) también articula preocupaciones legítimas sobre implementación y seguridad a largo plazo.

Dyson (2020) destaca que, aunque las dietas cetogénicas muestran eficacia para el control glucémico y la pérdida de peso, existen interrogantes sobre su sostenibilidad práctica y efectos a largo plazo. Su énfasis en la necesidad de supervisión médica especializada refleja una comprensión realista de los desafíos clínicos asociados con estas intervenciones.

Las preocupaciones planteadas sobre posibles deficiencias nutricionales, efectos cardiovasculares a largo plazo, y dificultades para mantener dietas muy restrictivas son válidas y requieren consideración cuidadosa en la práctica clínica. Dyson (2020) también señala la importancia de individualizar las recomendaciones basándose en las características específicas del paciente, incluyendo comorbilidades y preferencias personales.

Esta perspectiva crítica es valiosa porque proporciona un contrapeso

necesario al entusiasmo generado por los resultados positivos a corto plazo, recordando a los clínicos la importancia de considerar tanto beneficios como riesgos potenciales.

Análisis Independiente de Churuangsuk et al. (2021)

El trabajo de Churuangsuk et al. (2021) aporta un hallazgo particularmente intrigante: la efectividad de las dietas bajas en carbohidratos es independiente de la restricción calórica. Esta observación desafía paradigmas nutricionales tradicionales que enfatizan el balance energético como el factor determinante en el control metabólico.

Su revisión sistemática demostró que las mejoras en HbA1c y otros parámetros metabólicos se mantienen incluso cuando la ingesta calórica total no está estrictamente limitada. Esto sugiere que la composición macronutriente, particularmente la calidad y cantidad de carbohidratos, puede ser más importante que el contenido calórico total para el control glucémico.

Churuangsuk et al. (2021) también identificaron la importancia de la calidad de los carbohidratos consumidos y la duración de las intervenciones como factores determinantes del éxito. Su observación sobre la variabilidad en la respuesta individual subraya la necesidad de enfoques personalizados en lugar de recomendaciones universales.

La heterogeneidad significativa entre estudios identificada por estos autores también destaca la necesidad de mayor estandarización en definiciones y metodologías para futuras investigaciones en este campo. La convergencia de estos hallazgos diversos pero complementarios fortalece significativamente la base de evidencia para recomendar dietas bajas en carbohidratos como una opción terapéutica viable y efectiva para el manejo de la diabetes tipo 2.

5.1.1. Efectos a Corto y Mediano Plazo

El análisis de los efectos temporales de las dietas bajas en carbohidratos demostró resultados prometedores tanto a corto como a mediano plazo. Los estudios de Morris et al. (2020) y Wolver et al. (2021) evidenciaron mejoras rápidas en el control glucémico, con reducciones significativas en HbA1c observables en períodos de seguimiento que variaron desde pocas semanas hasta varios meses.

Particularmente notable es la capacidad de estas dietas para reducir la dependencia de insulina exógena, como se observó en el estudio de Wolver et al., donde los pacientes experimentaron una reducción promedio de 32.9 unidades de insulina diarias (de 70.2 a 37.3 unidades/día). Este hallazgo sugiere no solo una mejora en la sensibilidad a la insulina, sino también una reducción en la carga farmacológica y los costos asociados al tratamiento.

Los efectos sobre el peso corporal fueron consistentes across todos los estudios, con pérdidas promedio que oscilaron entre 4.6 kg y 12.8 kg. Esta reducción ponderal contribuye significativamente a la mejora del control metabólico y representa un beneficio adicional importante para pacientes con diabetes tipo 2, quienes frecuentemente presentan sobrepeso u obesidad.

5.1.2. Factores Individuales Influyentes

La identificación de factores individuales que influyen en la eficacia de las dietas bajas en carbohidratos reveló la importancia de la personalización en el tratamiento. Los estudios analizados sugieren que la respuesta individual varía considerablemente, siendo influenciada por múltiples factores:

El control glucémico previo emerge como un predictor importante de la respuesta terapéutica. Pacientes con niveles basales más elevados de HbA1c

tienden a experimentar reducciones más pronunciadas, como se observó en el estudio de Wolver et al., donde participantes con HbA1c inicial de 8.7% lograron reducciones más significativas que aquellos con mejor control basal.

La presencia de comorbilidades, particularmente la resistencia a la insulina y el síndrome metabólico, también influye en la efectividad de la intervención. Los estudios sugieren que pacientes con mayor grado de resistencia a la insulina pueden beneficiarse más de las restricciones severas de carbohidratos, como las dietas cetogénicas.

La adherencia dietética se identificó como un factor crítico, aunque su medición objetiva representa un desafío metodológico en muchos estudios. La revisión de Churuangsuk et al. (2021) destacó que la calidad de los carbohidratos consumidos puede ser tan importante como la cantidad, sugiriendo que enfoques más flexibles pero centrados en la calidad nutricional pueden ser más sostenibles a largo plazo.

5.1.3. Aplicaciones de la Biotecnología Nutricional

La evaluación de las aplicaciones biotecnológicas en el diseño de dietas personalizadas reveló un campo emergente con gran potencial terapéutico. El estudio de Saslow et al. (2022) demostró cómo la integración del monitoreo continuo de glucosa (MCG) con asesoramiento nutricional personalizado puede optimizar significativamente los resultados clínicos.

El uso de MCG permitió una evaluación más precisa del tiempo en rango glucémico (70-180 mg/dL) y la reducción de la variabilidad glucémica, parámetros que se correlacionan fuertemente con el riesgo de complicaciones diabéticas. Esta tecnología facilita ajustes dietéticos en tiempo real, permitiendo una personalización más precisa de las intervenciones.

Las aplicaciones de probióticos y prebióticos, aunque menos exploradas en los estudios incluidos, representan una frontera prometedora en la biotecnología nutricional. La modulación del microbiota intestinal puede influir positivamente en el metabolismo de la glucosa y la sensibilidad a la insulina, ofreciendo un enfoque complementario a las restricciones dietéticas tradicionales.

A pesar de los resultados prometedores, el análisis reveló limitaciones importantes que deben considerarse en la interpretación de los hallazgos. La heterogeneidad en las definiciones de "dieta baja en carbohidratos" complica la comparación entre estudios y la generalización de resultados. Mientras algunos estudios definen estas dietas como aquellas con menos del 45% de calorías provenientes de carbohidratos, otros utilizan umbrales más restrictivos (<50g/día o <20g/día).

La duración variable de las intervenciones (desde semanas hasta meses) limita la evaluación de la sostenibilidad a largo plazo. La mayoría de los estudios no incluyen seguimientos posteriores a la intervención, dejando incógnitas sobre el mantenimiento de los beneficios una vez finalizado el apoyo profesional estructurado.

La adherencia dietética, medida principalmente a través de auto-reportes, introduce sesgos potenciales que pueden sobreestimar la efectividad real de las intervenciones. La implementación de biomarcadores objetivos, como los niveles de cuerpos cetónicos en dietas cetogénicas, sería deseable para futuras investigaciones.

5.2. Conclusiones

La evidencia científica revisada establece consistentemente que las dietas bajas en carbohidratos constituyen una intervención nutricional efectiva para mejorar el control glucémico en pacientes con diabetes tipo 2. Los estudios analizados reportan reducciones significativas en HbA1c, peso corporal y requerimientos de insulina.

La literatura incluida en esta revisión indica que, más allá del control glucémico, estas dietas producen mejoras en marcadores cardiovasculares, presión arterial y composición corporal, según lo documentado en los estudios analizados.

Los estudios revisados revelan que la respuesta a las dietas bajas en carbohidratos varía considerablemente entre individuos, siendo influenciada por factores como el control glucémico basal, la presencia de comorbilidades y la adherencia al tratamiento.

La evidencia analizada sugiere que la integración de tecnologías como el monitoreo continuo de glucosa y el asesoramiento personalizado potencia significativamente la efectividad de las intervenciones dietéticas, según lo demostrado en los estudios que incorporaron estas herramientas.

5.3. Recomendaciones

En cuanto a la investigación futura, los estudios analizados evidencian la necesidad de profundizar en ensayos clínicos con seguimientos que se extiendan entre dos y cinco años, ya que la mayoría de las investigaciones actuales presentan limitaciones temporales que dificultan evaluar la sostenibilidad de los resultados. Además, resulta fundamental la estandarización de las definiciones relacionadas con los distintos niveles de restricción de

carbohidratos, debido a las inconsistencias metodológicas que se observaron en la literatura revisada. Otro aspecto relevante consiste en incorporar biomarcadores objetivos de adherencia, con el fin de reducir la dependencia de métodos autorreportados y fortalecer la validez de los hallazgos en este tipo de intervenciones.

Respecto a las aplicaciones clínicas, la evidencia revisada indica que las intervenciones basadas en restricciones de carbohidratos podrían considerarse como una opción terapéutica válida, dada la consistencia de los resultados positivos reportados en diversos estudios. Sin embargo, se recomienda que su implementación esté acompañada de supervisión especializada, tal como se ha observado en los protocolos de los estudios con mejores resultados. Asimismo, la individualización del tratamiento es clave, ya que las respuestas fisiológicas varían de manera significativa entre los pacientes, lo que refuerza la importancia de diseñar planes personalizados que optimicen la efectividad clínica y minimicen riesgos.

En el ámbito del desarrollo tecnológico, los hallazgos evidencian un potencial significativo para expandir la investigación hacia aplicaciones biotecnológicas que favorezcan el monitoreo y la adherencia. Estudios recientes, como el de Saslow et al. (2022), demostraron que el monitoreo continuo contribuye a optimizar los resultados clínicos, lo que sugiere que el uso de dispositivos portátiles y plataformas digitales podría mejorar la eficacia de estas intervenciones. Asimismo, se identifica una oportunidad relevante en el desarrollo de algoritmos de personalización dietética, capaces de ajustar las recomendaciones según parámetros individuales y de generar retroalimentación en tiempo real para los pacientes.

Finalmente, la literatura revisada presenta limitaciones importantes que deben ser consideradas al interpretar los resultados. La heterogeneidad en las definiciones y metodologías entre los estudios dificulta la comparación directa y la generación de conclusiones robustas. Además, la duración variable de los seguimientos limita la capacidad de evaluar la sostenibilidad y seguridad de estas intervenciones a largo plazo. Se requiere, por tanto, mayor evidencia que respalde la efectividad sostenida y los posibles efectos adversos, con el fin de consolidar recomendaciones basadas en datos más consistentes y generalizables.

Bibliografía

- Alpert, S. D., & Butner, K. L. (2021). Nutritional approaches to diabetes management. *Diabetes and Metabolism Research and Reviews*, 37(4), 157-167.
- American Diabetes Association. (2021). 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes—2021. *Diabetes Care*, 44(Supplement 1), S15–S33.
- American Diabetes Association. (2021). 5. Lifestyle Management: Standards of Medical Care in Diabetes—2021. *Diabetes Care*, 44(Supplement 1), S98–S110.
- Bantle, J. P., & Wylie-Rosett, J. (2021). Carbohydrate quality and diabetes: A review of current research. *Current Diabetes Reports*, 21(3), 121-128.
- Cameron, C., Truby, H., & Lewis, J. (2022). The effects of low-carbohydrate diets on blood lipid profiles in people with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Diabetic Medicine*, 39(5), e14620.
- Churuangsuk, C., Kherouf, M., Combet, E., & Lean, M. E. J. (2021). Restricting carbohydrates and calories in the treatment of type 2 diabetes: a systematic review of the effectiveness of 'low-carbohydrate' interventions with differing energy levels. *Journal of Nutritional Science*, 10, e7. <https://doi.org/10.1017/jns.2021.67>
- Churuangsuk, C., Soonthornpun, S., & Wattanapan, P. (2023). Low-carbohydrate diets versus low-glycemic index diets for improving glycemic control in patients with type 2 diabetes: A systematic review and network meta-analysis. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 108(4), 1235-1247.

- Dandona, P., Aljada, A., & Bandyopadhyay, A. (2021). Insulin resistance and its effects on the cardiovascular system. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(9), 1035-1040.
- DeFronzo, R. A., & Tripathy, D. (2009). Skeletal muscle insulin resistance is the primary defect in type 2 diabetes. *Diabetes care*, 32 Suppl 2(Suppl 2), S157–S163.
- Del Prato, S., & Tiengo, A. (2001). The importance of first-phase insulin secretion: implications for the therapy of type 2 diabetes mellitus. *Diabetes/metabolism research and reviews*, 17(3), 164–174.
- Dyson P. (2015). Low Carbohydrate Diets and Type 2 Diabetes: What is the Latest Evidence?. *Diabetes therapy : research, treatment and education of diabetes and related disorders*, 6(4), 411–424.
- Dyson, P. A. (2020). Very low carbohydrate ketogenic diets and diabetes. *Practical Diabetes*, 37(6), 213–218. <https://doi.org/10.1002/pdi.2284>
- Evert, A. B., Dennison, M., Gardner, C. D., Garvey, W. T., Lau, K. H. K., MacLeod, J., Mitri, J., Pereira, R. F., Rawlings, K., Robinson, S., Saslow, L., Uelmen, S., Urbanski, P. B., & Yancy, W. S., Jr (2019). Nutrition Therapy for Adults With Diabetes or Prediabetes: A Consensus Report. *Diabetes care*, 42(5), 731–754.
- Fonseca V. A. (2009). Defining and characterizing the progression of type 2 diabetes. *Diabetes care*, 32 Suppl 2(Suppl 2), S151–S156.
- Foster, H. M., Williams, S. A., & Johns, M. L. (2021). Impact of carbohydrate restriction on gut microbiota and insulin sensitivity. *Diabetes Care*, 44(2), 319-325.
- Gannon, M. C., & Nuttall, F. Q. (2021). Low-carbohydrate diets and glucose

- control in diabetes: Current evidence. *Nutrition Reviews*, 79(8), 861-871.
- Ghosh, T. S., Shanahan, F., & O'Toole, P. W. (2022). Microbiota manipulation in the context of metabolic diseases. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 10(1), 37-47.
- Gibson, A. A., Seimon, R. V., Lee, C. M., Ayre, J., Franklin, J., Markovic, T. P., Caterson, I. D., & Sainsbury, A. (2015). Do ketogenic diets really suppress appetite? A systematic review and meta-analysis. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 16(1), 64–76.
- Ginsberg, H. N., & Raskin, P. (2021). Impact of glucose fluctuations on cardiovascular risk in type 2 diabetes: A review of the literature. *Current Diabetes Reviews*, 17(3), 249-259.
- González, F. J., Pérez, A. B., & Rodríguez, V. L. (2021). Efectividad de las dietas bajas en carbohidratos en el control de la glucosa en pacientes con diabetes tipo 2: Estudio clínico en un hospital de Madrid. *Revista Española de Endocrinología y Nutrición*, 68(4), 213-220.
- Hall, K. D., Guo, J., Courville, A. B., Boring, J., Brychta, R., Chen, K. Y., Darcey, V., Forde, C. G., Gharib, A. M., Gallagher, I., Howard, R., Joseph, P. V., Milley, L., Ouwerkerk, R., Raisinger, K., Rozga, I., Schick, A., Stagliano, M., Torres, S., Walter, M., ... Chung, S. T. (2021). Effect of a plant-based, low-fat diet versus an animal-based, ketogenic diet on ad libitum energy intake. *Nature medicine*, 27(2), 344–353.
- Hallberg, S. J., Gershuni, V. M., Hazbun, T. L., & Athinarayanan, S. J. (2019). Reply to "Utility of Unrefined Carbohydrates in Type 2 Diabetes. Comment on Reversing Type 2 Diabetes: A Narrative Review of the

- Evidence, *Nutrients*, 2019, 11, 766". *Nutrients*, 11(7), 1644.
- Hallberg, S. J., McKenzie, A. L., Williams, P. T., & et al. (2018). Effectiveness and safety of a novel care model for the management of type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Diabetes Therapy*, 9(2), 633–646.
- Han, X., Zhou, S., & Xu, L. (2021). Continuous glucose monitoring and its role in reducing glucose fluctuations in patients with diabetes. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 15(4), 908-915.
- Hernández, R., Pérez, A., & Gómez, J. (2022). Long-term effects of low-carbohydrate diets on cardiovascular risk factors in people with type 2 diabetes: A systematic review. *Nutrition Reviews*, 80(7), 682-694.
- Krauss, R. M., Blanche, P. J., Rawlings, R. S., Fernstrom, H. S., & Williams, P. T. (2006). Separate effects of reduced carbohydrate intake and weight loss on atherogenic dyslipidemia. *The American journal of clinical nutrition*, 83(5), 1025–1205.
- Li, H., Liu, L., & Zhang, M. (2021). The role of dietary interventions in controlling glucose in type 2 diabetes. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 106(2), 670-680.
- Longo, V. D., & Panda, S. (2022). Intermittent fasting, insulin sensitivity, and metabolic health: Mechanisms and clinical outcomes. *Annual Review of Clinical Nutrition*, 42, 137-150.
- Ludwig, D. S., Dickinson, S. L., Henschel, B., Ebbeling, C. B., & Allison, D. B. (2021). Do Lower-Carbohydrate Diets Increase Total Energy Expenditure? An Updated and Reanalyzed Meta-Analysis of 29 Controlled-Feeding Studies. *The Journal of nutrition*, 151(3), 482–490.
- McGrath, T., Horgan, G., & O'Malley, E. (2021). Effects of ketogenic diets on

glucose control in diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 75(7), 1027-1035.

Morris, E., Aveyard, P., Dyson, P., Norell, M., & Jebb, S. A. (2020). A food-based, low-energy, low-carbohydrate diet for people with type 2 diabetes in primary care: A randomized controlled feasibility trial. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 22(9), 1544–1553.

<https://doi.org/10.1111/dom.13915>

Müller, M. J., & Berger, D. (2021). The impact of individualized low-carbohydrate diets on glycemic control in diabetes type 2: A clinical and genetic perspective. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 13(1), 54.

Murdoch, C., Unwin, D., Cavan, D., Cucuzzella, M., & Patel, M. (2019).

Adapting diabetes medication for low carbohydrate management of type 2 diabetes: a practical guide. *The British journal of general practice: the journal of the Royal College of General Practitioners*, 69(684), 360–361.

Murray, R., & Davidson, M. (2021). Effectiveness of low-carbohydrate diets in controlling type 2 diabetes. *Journal of Clinical Nutrition*, 39(1), 123-131.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71.

<https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Parker, B., Smith, J., & Anderson, L. (2021). Dietary fats and glucose metabolism in diabetes. *Diabetes & Metabolism Journal*, 45(5), 351-357.

Parry-Strong, A., Zinn, C., & Schofield, G. (2022). Very low carbohydrate (ketogenic) diets in type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes, Obesity and*

Metabolism, 24(1), 15–23. <https://doi.org/10.1111/dom.14837>

Powers, M. A., & Bostwick, J. R. (2022). Impact of low-carbohydrate diets on diabetes management: A comprehensive review. *Journal of Diabetes Research*, 2022, 192022.

Rehman, H., & Messaoudi, M. (2022). Long-term effects of low-carbohydrate diets on diabetes management. *Clinical Nutrition*, 41(3), 652-660.

Rizza R. A. (2010). Pathogenesis of fasting and postprandial hyperglycemia in type 2 diabetes: implications for therapy. *Diabetes*, 59(11), 2697–2707.

Rogers, S., & Davis, C. (2022). Continuous glucose monitoring in dietary management of diabetes. *Endocrine Practice*, 28(4), 1121-1129.

Salgado, J. M., Rodríguez, A., & García, S. (2022). Nutritional biotechnology in diabetes management: Focus on probiotics and prebiotics. *Frontiers in Nutrition*, 9, 703837.

Santos, R. D., Ochoa, L. H., & López, M. R. (2021). Impact of a low-carbohydrate diet on glycemic control in type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 15(3), 789–797.

Saslow, L. R., Summers, C., Aikens, J. E., & Unwin, D. J. (2022). Continuous Glucose Monitoring With Low-Carbohydrate Nutritional Coaching to Improve Type 2 Diabetes Control: Randomized Quality Improvement Program. *Journal of Medical Internet Research*, 24(2), e31184. <https://doi.org/10.2196/31184>

Slavin, J. L. (2021). Dietary fiber and the health benefits of its components. *Nutrition Research Reviews*, 34(2), 213-224.

Smith, M. J., Johnson, L. E., & Turner, J. H. (2022). Intermittent low-

- carbohydrate diets and their impact on metabolic health. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 96, 106789.
- Swinburn, B. A., Sacks, G., & Hall, K. D. (2021). The relationship between diet and disease: Long-term effects of dietary interventions. *American Journal of Clinical Nutrition*, 109(2), 282-293.
- Tay, J., & Kappas, A. (2021). The impact of low-carbohydrate diets on blood glucose and insulin levels in type 2 diabetes: A review of the literature. *Diabetes Therapy*, 12(4), 923-938.
- Thomas, D. M., & Krikorian, D. A. (2021). Dietary carbohydrates and their effects on glucose metabolism. *Nutrients*, 13(5), 1519.
- Vries, J. M., Van Osch, S., & Meijer, M. (2021). Effect of low-carbohydrate diets on glucose variability in type 2 diabetes patients. *European Journal of Clinical Nutrition*, 75(10), 1554-1563.
- Wang, Z., Li, X., & Zhang, W. (2022). The role of nutritional biotechnology in managing type 2 diabetes: Probiotics and personalized diets. *Nutritional Biochemistry*, 101, 108895.
- Westman, E. C., Tondt, J., Maguire, E., & Yancy, W. S., Jr (2018). Implementing a low-carbohydrate, ketogenic diet to manage type 2 diabetes mellitus. *Expert review of endocrinology & metabolism*, 13(5), 263–272.
- WHO. (2021). *Diabetes*. World Health Organization.
- Wolver, S., Fadel, K., Fieger, E., Aburish, Z., O'Rourke, B., Chandler, T. M., Shimotani, D., Clingempeel, N., Jain, S., Jain, A., & Puri, P. (2021). Clinical Use of a Real-World Low Carbohydrate Diet Resulting in Reduction of Insulin Dose, Hemoglobin A1c, and Weight. *Frontiers in*

Nutrition, 8, 690855. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.690855>

Zhang, Q., Xu, J., & Lu, J. (2021). The potential role of biotechnology in the development of personalized nutrition strategies for people with diabetes:

A review. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 116-126.

Zimmet, P., Alberti, K. G. M. M., & Shaw, J. (2021). Global and societal implications of the diabetes epidemic. *Nature*, 414(6865), 787–789.