2026 “ Estado nutricional y bacterioma intestinal en pacientes con cáncer colorrectal y de mama” MNCI. Berenice Méndez Rojas



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales

“Estado nutricional y bacterioma intestinal en pacientes con cáncer colorrectal y de mama”

Tesis
Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Doctora en Ciencias Biológicas

Presenta
MNCI. Berenice Méndez Rojas

Dirigido por:
Dra. Olga Patricia García Obregón

Santiago de Querétaro, Querétaro
7 de diciembre del 2026

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DGBSDI-UAQ

La presente obra está bajo la licencia:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es

CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada , brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios . Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales .

SinDerivadas — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Doctorado en Ciencias Biológicas

“Estado nutricional y bacterioma intestinal en pacientes con cáncer colorrectal y de mama”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Doctora en Ciencias Biológicas

Presenta

MNCI. Berenice Méndez Rojas

Dirigido por:

Dra. Olga Patricia García Obregón

Dra. Olga Patricia García Obregón
Presidente

Dra. María del Carmen Caamaño Pérez
Secretario

Dr. Jorge Luis Rosado Loria
Vocal

Dr. Juan Carlos Solís Sáinz
Suplente

Dra. Tania Aguilar López
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

México

Mayo, 2026

Dedicatorias

En cada paso nos acompaña el amor de quienes han estado a nuestro lado. Este logro lleva un pedacito de cada uno de ustedes.

A mi abuelito Francisco, que habita en un lugar privilegiado de mi corazón y de mi mente y que es mi motor en mi día a día, por el gran honor de haber compartido esta vida a tu lado. Te extraño en cada uno de mis logros y te quiero de aquí a la Luna y de regreso.

A mi mamá, por apoyarme en esta larga travesía, por darme libertad para perseguir mis metas y por sus valiosos consejos que suelen regalarle un poquito de paz a mi corazón inquieto. Ma, gracias por ser un ejemplo de mujer determinada y tenaz, pero también por tener ese espíritu tan noble, justo y sensible, me enorgullece (y no solo a mi) la versión que he conocido de ti este año, te amo mucho.

A mi bli, por esa esencia vivaz que te caracteriza, por ser ese compañero invaluable que siempre está dispuesto a regalarle un poquito de sí a los demás. Por tu forma de ver la vida y por ser ese rayito de luz que ilumina los espacios con su presencia y su sonrisa. Gracias también por todo tu gran apoyo a lo largo de este proyecto y en especial de este año. Te amo muchísimo.

A mi abuelita, por esa fortaleza y valentía que inspira a muchos. Eres excepcional. ¡Te amo abue!

A mis estrellas, por ser parte de los sueños que me han impulsado durante años a ir por más y a seguir preparándome, los amo.

Y ¿Por qué no? a mis mininas, Ame, Copo, Sienna y Galle por su compañía incondicional, sus travesuras y la paz que me regalan.

Agradecimientos

No soy solo por mí, soy gracias a los que han estado conmigo.

Mi más profundo agradecimiento a cada una de las personas que me acompañaron durante los últimos cuatro años y un cachito en esta paradójica aventura.

A mis pacientes y a su familia, por la confianza brindada para entrar en su vida en un momento tan vulnerable y por regalar un poquito de ustedes para la realización de este proyecto. Sin su participación esto no hubiera sido posible, muchas gracias. A mis participantes controles, gracias por su invaluable apoyo.

A mi directora de tesis, la Dra. Olga, por guiarme a lo largo de estos años, impulsarme a crecer profesionalmente y creer en mí. Por ser un ejemplo de una gran investigadora y profesora, pero, sobre todo, de un maravilloso ser humano. Gracias por sus consejos, por compartir conmigo su experiencia y conocimientos y por regalarme su tiempo, su escucha y su apoyo en los momentos en que más lo necesité.

A cada uno de mis sínodos, el Dr. Rosado, el Dr. Juan Carlos, la Dra. Tania y la Dra. Caamaño, gracias infinitas por el apoyo, la confianza y la paciencia a lo largo de este proyecto, fue un placer compartir este camino con ustedes.

A Mariela, por los conocimientos compartidos, las pláticas profundas y las palabras de aliento, muchas gracias.

A Kati y a Lili, por arropar este proyecto. A Liz, a Nadia, a Grecia y a todos los futuros Licenciados en Nutrición que brindaron su apoyo.

Al Hospital General de Querétaro, a MUCCAM y a Grupo Reto I.A.P., por abrirme sus puertas para la realización de mi proyecto. Agradezco especialmente a la Dra. Rosalva por sus valiosas observaciones y participación en este proyecto. Al Dr. Alegría, al Dr. Flores, al nutriólogo Rigo, a las enfermeras Vero y Carmelita, a Geno, a Lili y a la Psic. Rosario por todo el apoyo brindado.

Al Dr. Bruno y a la Mtra. Julissa del CIAD, por su invaluable colaboración en la secuenciación de las muestras, muchísimas gracias.

A SECIHTI, por la beca otorgada para poder llevar a cabo mis estudios de doctorado.

A FONFIVE y FOPER por el apoyo económico brindado para el cumplimiento de los objetivos planteados en esta tesis.

A quienes me han brindado su cariño y me ayudado a crecer como profesionista y como persona, me han tendido una mano, me han apoyado en los momentos más desafiantes y de alguna forma, me han impulsado a seguir luchando por mis sueños. A Almita, a Fany, a Vicky, a mi Psic. Carlos, a Alonso, a Roberto, a Brandon, a Palomita, a Mich y a Cleo. Mil gracias a todos.

Índice

I. Antecedentes generales del cáncer 16

1.1 Generalidades del cáncer 16

1.2 Catabolismo del cáncer 18

1.3 Impacto de la nutrición en el cáncer 22

1.4 Evaluación nutricional en oncología 26

1.5 Terapia nutricional en el paciente con cáncer 28

1.6 Cáncer colorrectal y de mama como problemas de salud pública 29

Capítulo I. 32

Estado nutricional del paciente con cáncer colorrectal durante el periodo postquirúrgico 32

Resumen 33

Abstract 34

I. Introducción 35

II. Antecedentes del cáncer colorrectal 36

2.1 Epidemiología del cáncer colorrectal 36

2.2 Factores de riesgo del CCR 37

2.3 Oncogénesis y clasificación del CCR 38

2.4 Cuadro clínico y diagnóstico 41

2.5 Tratamiento oncológico del CCR 41

2.6 CCR y estado nutricional en el perioperatorio 42

2.7 Terapia nutricional para el paciente con CCR 44

2.7.1 Indicaciones nutricionales en el perioperatorio 44

III. Hipótesis 47

IV. Objetivos **48**

4.1 Objetivo general **48**

4.2 Objetivos específicos **48**

V. Materiales y Métodos **49**

a. Población de estudio **49**

Criterios de selección para pacientes con CCR **49**

Criterios de inclusión 49

Criterios de exclusión 49

Criterios de selección para controles **49**

Criterios de inclusión 49

Criterios de exclusión 49

b. Diseño del estudio **50**

c. Metodología **50**

Cuestionarios y tamizaje nutricional 50

Historia clínica 50

VGS-GP 51

Nivel socioeconómico 51

Antropometría 51

Peso.. 52

Estatura 52

IMC…. 52

Bioimpedancia eléctrica 52

Dinamometría 53

Evaluación bioquímica 54

Evaluación de la dieta 54

d. Análisis estadístico **54**

VI. Resultados **56**

6.1 Características sociodemográficas y clínicas de la población.....56

6.2 Evaluación del estado nutricional mediante VGS-GP y parámetros de composición corporal y función muscular 58

6.3 Análisis de marcadores bioquímicos en pacientes con CCR y controles sin cáncer.....60

6.4 Evaluación dietética en pacientes con CCR e individuos sin cáncer 61

VII. Discusión 64

7.1 Características clínicas de la población.....64

7.2 VGS-GP y parámetros de composición corporal y función muscular.....64

7.3 Marcadores bioquímicos relacionados con el estado nutricional.....67

7.4 Ingesta nutrimental.....68

7.5 Limitantes y fortalezas del estudio.....69

VIII. Conclusiones 70

Capítulo II.....71

Bacterioma intestinal y estado nutricional en tres grupos independientes de mujeres con cáncer de mama: antes, durante y posterior al tratamiento oncológico. 71

Resumen.....72

Abstract.....74

I. Introducción 76

II. Antecedentes del cáncer de mama 77

2.1 Epidemiología del cáncer de mama 77

2.2 Glándula mamaria y oncogénesis 78

2.2.1 Factores de riesgo que influyen en la oncogénesis de la mama 78

2.2.2 Clasificación y oncogénesis del cáncer de mama 80

2.3 Tratamiento médico en el cáncer de mama 85

2.4 Nutrición en la paciente con cáncer de mama 87

2.4.1 Estado nutricional en pacientes con cáncer de mama previo al inicio de la quimioterapia 87

2.4.2 Estado nutricional en pacientes con tumores malignos de mama bajo tratamiento quimioterapéutico 89

2.4.3 Estado nutricional en pacientes con cáncer de mama en remisión 91

2.5 Relación entre el bacterioma intestinal y la oncogénesis de la glándula mamaria.. 94

2.5.1 Bacterioma en el contexto intestinal 94

2.5.2 Relación entre la dieta y el bacterioma intestinal.....96

2.5.3 Impacto del bacterioma intestinal en la carcinogénesis de la glándula mamaria 98

2.5.4 Papel del estroboloma en la carcinogénesis mamaria 101

2.6 Bacterioma intestinal en pacientes con cáncer de mama durante las diferentes fases del tratamiento 103

2.6.1 Bacterioma intestinal en mujeres con cáncer de mama previo al inicio de la quimioterapia.....103

2.6.2 Interacción entre el bacterioma intestinal y la quimioterapia en mujeres con neoplasias malignas de mama 104

2.6.3 Bacterioma intestinal en la mujer en remisión del cáncer de mama 107

2.7 Eje intestino – músculo y su relación con el catabolismo muscular en oncología.......**107**

2.8 Tratamiento nutricional en la paciente con cáncer de mama 110

2.8.1 Abordaje nutricional de la paciente con cáncer de mama.....110

2.8.2 Tratamiento nutricional en la mujer con cáncer de mama en remisión 112

III. Hipótesis.....114

IV. Objetivos 115

4.1 Objetivo general **115**

4.2 Objetivos específicos **115**

V. Materiales y Métodos **116**

a. Población de estudio **116**

Criterios de selección para mujeres con cáncer de mama **116**

Criterios de inclusión 116

Criterios de exclusión 116

Criterios de selección para participantes sin cáncer **116**

Criterios de inclusión 117

Criterios de exclusión 117

b. Diseño de estudio **118**

c. Metodología **118**

Cuestionarios y tamizaje nutricional 118

Historia clínica 118

VGS/VGS-GP 118

Nivel socioeconómico 119

Antropometría 119

Peso.. 119

Estatura 119

IMC… 120

Bioimpedancia eléctrica 120

Dinamometría 120

Evaluación de la dieta 121

Análisis de bacterioma intestinal 121

Análisis de concentración y pureza del ADN 121

Evaluación de la integridad del ADN 121

Secuenciación del ADN región V4 16S rRNA 122

Análisis bioinformático 123

d. Análisis estadístico.....124

VI. Resultados.....125

6.1 Características sociodemográficas y clínicas de la población.....125

6.2 Evaluación del estado nutricional en pacientes con cáncer de mama y controles sin cáncer.....127

6.3 Evaluación dietética en mujeres con cáncer de mama y controles.....130

6.4 Análisis de diversidad alfa y beta en pacientes con cáncer de mama y controles sin enfermedad oncológica.....133

6.5 Abundancia relativa de los principales géneros bacterianos en la población de estudio.....136

6.6 Taxones bacterianos asociados con la desnutrición.....139

6.7 Géneros bacterianos asociados con la fuerza de prensión manual.....140

6.8 Taxones bacterianos asociados con la sarcopenia.....141

VII. Discusión.....143

7.1 Características clínicas de la población de estudio.....143

7.2 Estado nutricional, composición corporal y función muscular de las pacientes con cáncer de mama.....144

7.3 Ingesta dietética en mujeres con cáncer de mama y mujeres sin cáncer.....151

7.4 Diversidad alfa y beta del bacterioma intestinal de pacientes con cáncer de mama y controles sin enfermedad oncológica.....154

7.5 Bacterioma intestinal de pacientes con cáncer de mama en diferentes fases del tratamiento y controles sin cáncer.....158

7.6 Bacterioma intestinal y desnutrición en pacientes con cáncer de mama y controles.....163

7.7 Bacterioma intestinal y fuerza de prensión manual en mujeres con cáncer de mama y controles 165

7.8 Bacterioma intestinal y sarcopenia en mujeres con cáncer de mama y controles sin enfermedad oncológica 166

7.9 Limitantes y fortalezas de estudio 167

VIII. Conclusiones 169

IX. Referencias 170

X. Anexos 195

Anexo 1. Carta de consentimiento informado CCR 196

Anexo 2. Historia clínica 200

Anexo 3. Valoración Global Subjetiva Generada por el Paciente 203

Anexo 4. Cuestionario de nivel socioeconómico 204

Anexo 5. Formato para registro de medidas antropométricas 205

Anexo 6. Formato para registro de BIA 206

Anexo 7. Formato para recordatorio de 24 h 207

Anexo 8. Carta de consentimiento informado cáncer de mama 208

Anexo 9. Tabla de valores de referencia para la evaluación de la fuerza de prensión manual 212

Índice de tablas

Tabla 1. Características principales de los estadios correspondientes al CCR 39
Tabla 2. Puntos de corte para la evaluación de la composición corporal.....53
Tabla 3. Características generales de la población con CCR y controles sin cáncer. 56
Tabla 4. Comparación de parámetros de composición corporal y estado funcional en controles y pacientes con CCR. 58
Tabla 5. Marcadores bioquímicos del estado nutricional en la población con CCR y controles. 60
Tabla 6. Evaluación de ingesta y requerimientos dietéticos en pacientes con CCR y población control.....61
Tabla 7. Características generales de las mujeres controles y pacientes con cáncer de mama. 125
Tabla 8. Indicadores nutricionales en mujeres sin enfermedad oncológica y pacientes con cáncer de mama.....128
Tabla 9. Ingesta y requerimientos energéticos y de macronutrimentos en pacientes con cáncer de mama y controles sin cáncer. 131
Tabla 10. Comparación de la abundancia relativa de géneros bacterianos entre participantes del grupo control y los diferentes grupos de pacientes con cáncer de mama. 138

Índice de figuras

Figura 1. Capacidades distintivas del cáncer. 17
Figura 2. Características fenotípicas facilitadoras del cáncer y células transmisoras de capacidades distintivas del microambiente tumoral. 18
Figura 3. Desnutrición mediada por el cáncer. 20
Figura 4. Impacto de la desnutrición en el paciente oncológico. 24
Figura 5. Desgaste muscular en el paciente oncológico. 25
Figura 6. Incidencia y mortalidad de los cinco principales tipos de cáncer en México. 30
Figura 7. Número estimado de casos nuevos de CCR y cáncer de mama en México del 2024 al 2050. 31
Figura 8. Principales factores de riesgo relacionados con el desarrollo de CCR. 37
Figura 9. Vía adenoma – carcinoma. 39
Figura 10. Nivel socioeconómico en pacientes con CCR y controles. 57
Figura 11. Valoración global subjetiva generada por el paciente en controles sin cáncer y pacientes con CCR. 58
Figura 12. Presencia de sarcopenia entre controles sin enfermedad oncológica y pacientes con CCR. 59
Figura 13. Ingesta de ácidos grasos (A) saturados, (B) monoinsaturados y (C) poliinsaturados en pacientes con CCR y controles. 62
Figura 14. Ingesta de fibra dietética en pacientes con CCR y población control. 63
Figura 15. Factores de riesgo para el desarrollo de cáncer de mama. 78
Figura 16. Vías de señalización genómicas y no genómicas en la oncogénesis mamaria mediada por estrógenos. 83
Figura 17. Principales vías de señalización implicadas en la oncogénesis de los subtipos moleculares HER2 enriquecido y triple negativo del cáncer de mama. 84
Figura 18. Vía enteromamaria y su probable relación con el cáncer de mama. 100
Figura 19. Estroboloma y su relación con el desarrollo de cáncer de mama. 102
Figura 20. Eje intestino – músculo en la paciente con cáncer de mama. 109

Figura 21. Nivel socioeconómico de las pacientes con cáncer de mama y las controles sin cáncer. 127
Figura 22. Estado nutricional en controles y pacientes con cáncer de mama de acuerdo con la VGS/VGS-GP. 128
Figura 23. Evaluación del índice de masa corporal en mujeres controles y con cáncer de mama. 129
Figura 24. Indicadores de composición y función muscular en controles y pacientes con cáncer de mama. 130
Figura 25. Ingesta de ácidos grasos (A) saturados (p = 0.182), (B) monoinsaturados (p = 0.608) y (C) poliinsaturados (p = 0.624) en los diferentes grupos de pacientes con cáncer de mama y controles. 132
Figura 26. Ingesta de fibra en población control y pacientes con cáncer de mama 133
Figura 27. Comparación de diversidad α del bacterioma intestinal entre mujeres controles y con cáncer de mama 134
Figura 28. Diversidad β del bacterioma intestinal evaluada mediante PCoA en pacientes con cáncer de mama y controles. 135
Figura 29. Mapa de calor de los géneros bacterianos más abundantes de acuerdo con el z-score de la abundancia relativa.. 137
Figura 30. Comparación entre grupos de los taxones bacterianos relacionados con la desnutrición. 140
Figura 31. Comparación entre grupos de los géneros bacterianos relacionados con la fuerza de prensión manual. 141
Figura 32. Comparación entre los grupos de estudio de los taxones bacterianos relacionados con la sarcopenia. 142

I. Antecedentes generales del cáncer

1.1 Generalidades del cáncer

El término cáncer es utilizado para aludir a un conjunto de enfermedades que pueden originarse en casi cualquier órgano o tejido del cuerpo, cuando las células proliferan de manera autónoma formando agregados que se expanden, dañan tejidos vecinos, se nutren del organismo y alteran su fisiología. Posteriormente, estas células pueden migrar e invadir tejidos lejanos originando metástasis (OMS, 2019; Sánchez N., 2013). Sin embargo, la definición actual del cáncer va más allá de considerarlo únicamente una proliferación celular autónoma. Actualmente se reconoce que las células cancerosas son células transformadas sujetas a evolución por selección natural, lo que implica que, dentro del microambiente tumoral, las células cancerosas acumulan cambios genéticos y epigenéticos que favorecen la selección de fenotipos con ventajas adaptativas que contribuyen a la progresión tumoral y el desarrollo de metástasis (Brown et al., 2023).

Por lo tanto, en las enfermedades oncológicas los mecanismos biológicos han dejado de funcionar adecuadamente, dando lugar a una patología cuya incidencia y carga social aumentan de forma sostenida conforme incrementa la esperanza de vida en la población (Hanahan, 2026). No obstante, las células cancerosas por sí mismas no explican completamente la biología del cáncer, ya que el desarrollo tumoral depende de su interacción con células sanas del entorno, las cuales son reclutadas y reprogramadas para favorecer el crecimiento y progresión tumoral. Estas células del microambiente tumoral contribuyen a que las células cancerosas adquieran capacidades distintivas o funcionales del cáncer (Hanahan, 2026).

Las capacidades distintivas presentan mecanismos de acción específicos y desempeñan funciones esenciales en el desarrollo de la enfermedad oncológica, por lo que resultan necesarias en la mayoría de los tumores malignos (**Figura 1**) (Hanahan, 2022, 2026). Es importante mencionar que las capacidades distintivas no se adquieren necesariamente de forma simultánea, sino en distintas etapas de la tumorigénesis, variando su orden de

adquisición según el tipo de tumor, el tejido de origen y los oncogenes involucrados (Hanahan, 2026).

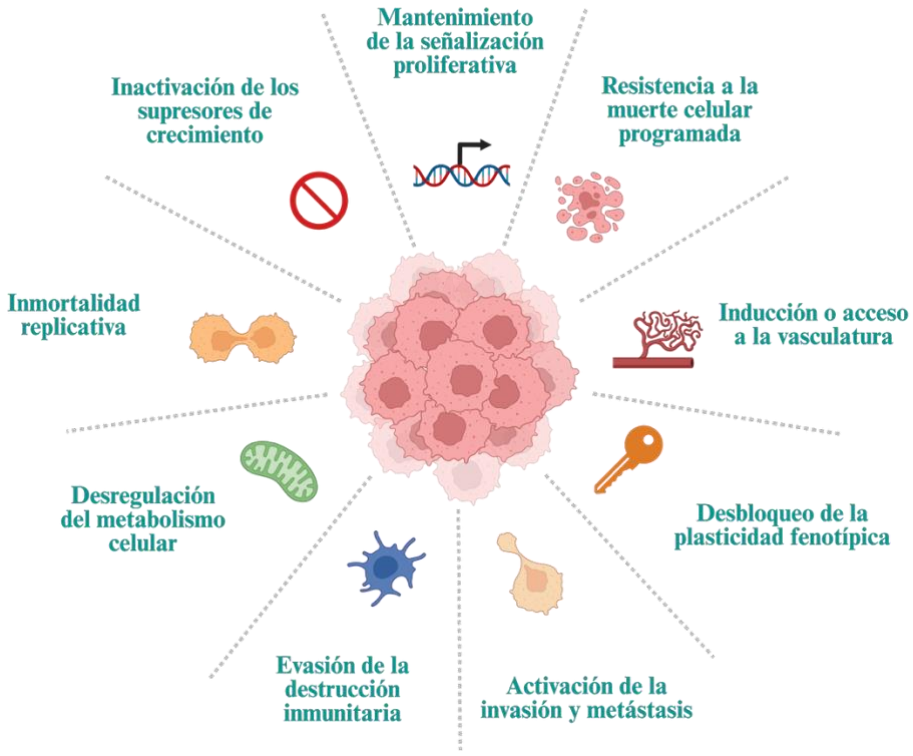


Figura 1. Capacidades distintivas del cáncer. Creado con https://BioRender.com

También se identifica la existencia de características fenotípicas facilitadoras (**Figura 2**), que no son capacidades per sé, sino una variedad de rasgos que facilitan y aceleran la adquisición de las capacidades distintivas (Hanahan, 2022, 2026). Como parte de las características facilitadoras se encuentran la inestabilidad genómica en la cual hay una pérdida de la integridad del ADN que lleva a la acumulación de mutaciones; la inflamación promotora de tumores que genera un entorno favorable para el crecimiento y supervivencia de las células cancerosas; la reprogramación epigenética no mutacional que es un mecanismo que modifica la expresión génica mediante cambios en la organización y accesibilidad de la cromatina; la inervación, que hace referencia a la conexión del tumor con el sistema nervioso y los microbiomas polimórficos que son las comunidades de microorganismos que ejercen efectos moduladores sobre la patogénesis del cáncer y la respuesta al tratamiento (Hanahan, 2026).

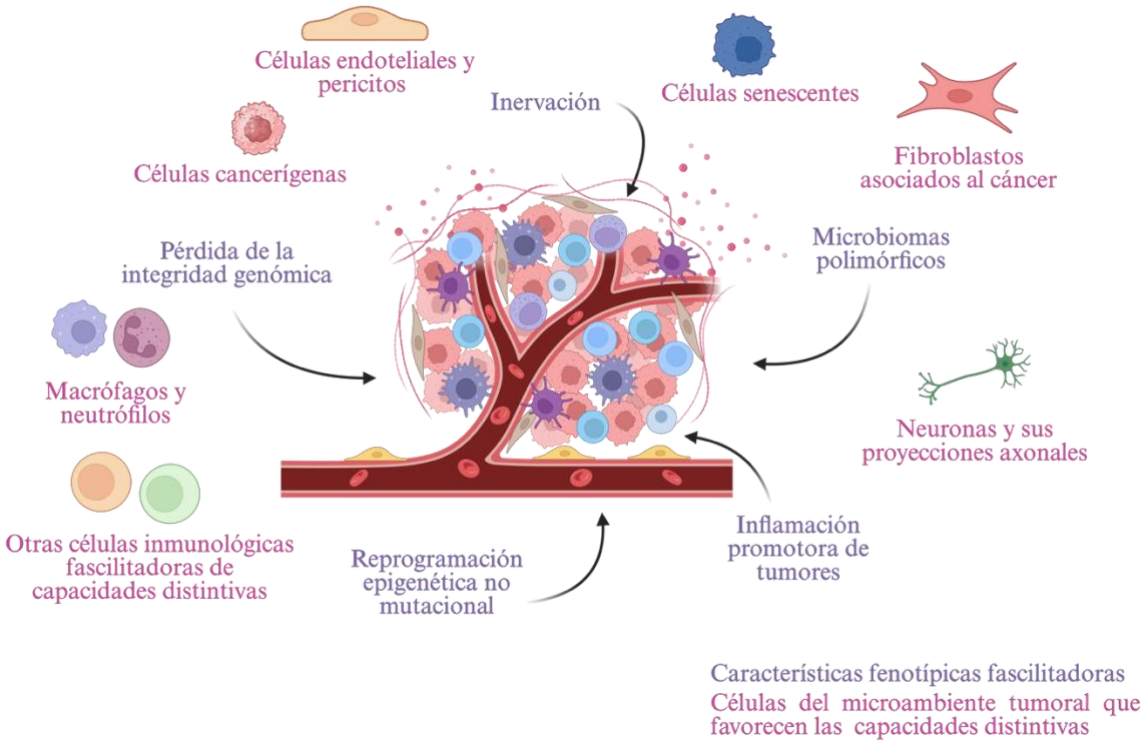


Figura 2. Características fenotípicas facilitadoras del cáncer y células transmisoras de capacidades distintivas del microambiente tumoral. Creado con https://BioRender.com

A su vez, las células heterotípicas del microambiente tumoral (**Figura 2**) contribuyen al desarrollo y mantenimiento de las capacidades distintivas. Estas células constituyen una de las dimensiones fundamentales para comprender al cáncer como un órgano fuera de la ley que actúa reclutando y reprogramando células heterotípicas no transformadas. Una vez que las células son reprogramadas pueden ejecutar, transmitir y perpetuar las capacidades funcionales adquiridas que la célula cancerosa no puede sostener de forma autónoma (Brown et al., 2023; Hanahan, 2026). Por último, Hanahan reconoce las interacciones sistémicas en la que señala al cáncer como una enfermedad que afecta a todo el organismo y en donde el estado general dicta la agresividad y evolución de la enfermedad (Hanahan, 2026).

1.2 Catabolismo del cáncer

En el paciente oncológico se presentan cambios metabólicos considerables que favorecen un balance energético negativo (da Fonseca et al., 2020). Las alteraciones en el balance energético son atribuidas a un descenso en el consumo de energía o a un alto gasto

energético en reposo dado por el metabolismo tumoral; además, también puede ocurrir una combinación de ambos factores (da Fonseca et al., 2020; R. Wang & Nakshatri, 2020). Los cambios en las vías metabólicas incluyen el aumento de la glucólisis, la gluconeogénesis, la lipólisis y la proteólisis, así como el incremento de la resistencia a la insulina en tejidos periféricos, acompañado de una disminución en la síntesis de proteínas, la lipogénesis y alteración del metabolismo de los aminoácidos (Guida et al., 2025; Lewandowska et al., 2022). En conjunto, estas alteraciones disminuyen la energía disponible para la actividad celular, propician la atrofia muscular y favorecen el estado inflamatorio (Argilés et al., 2018; Guida et al., 2025).

Una de las manifestaciones de la reprogramación metabólica característica de las células cancerosas es el efecto Warburg, en el cual ocurre un aumento en la captación de glucosa y del flujo glucolítico, acompañado de una elevada producción y secreción de lactato incluso en presencia de oxígeno (De Leon-Oliva et al., 2025; Q. Zhang et al., 2024). Esta reprogramación metabólica permite una producción rápida de ATP, proporciona intermediarios para las vías biosintéticas y contribuye a la homeostasis redox mediante la regeneración de NAD+ asociada con la síntesis de lactato (De Leon-Oliva et al., 2025). En este contexto, las células cancerosas adaptan su metabolismo para satisfacer las demandas de crecimiento y supervivencia, lo que puede contribuir al desarrollo de alteraciones metabólicas sistémicas observadas en el paciente oncológico. Estas características permiten diferenciar la desnutrición asociada a la inanición de la caquexia o desnutrición de tipo inflamatoria (Zhang et al., 2024).

En este escenario, entre las principales citocinas inflamatorias sintetizadas al alza en el paciente con cáncer, destacan el factor de necrosis tumoral alfa (TNF-α) y la interleucina 6 (IL-6) (Guida et al., 2025). El TNF-α ejerce un efecto catabólico al incrementar la gluconeogénesis y la proteólisis, a la vez que disminuye la síntesis de proteína, favoreciendo la atrofia muscular (**Figura 3**). El efecto catabólico del TNF-α sobre el músculo esquelético es mediado por la activación del NF-κB. Además, el TNF-α activa el eje hipotálamo-

hipófisis-adrenal, estimulando la síntesis de cortisol en la corteza suprarrenal (Guida et al., 2025).

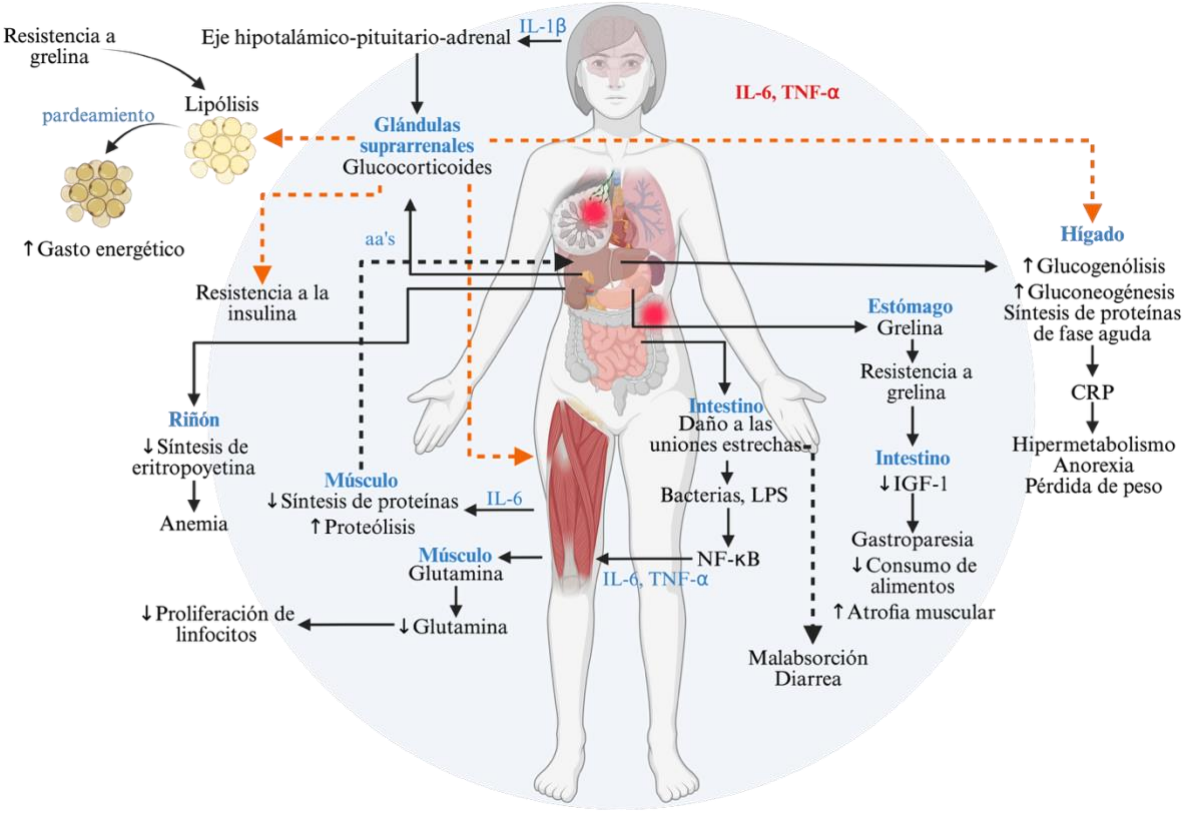


Figura 3. Desnutrición mediada por el cáncer. La inflamación sistémica constituye un factor clave en la modulación de las vías metabólicas, favoreciendo el desarrollo de un estado hipercatabólico que se establece en el contexto de una estrecha comunicación interorgánica. aa´s: aminoácidos; CRP: proteína C reactiva. Creado con https://BioRender.com

La IL-6 activa la vía del transductor de señal y activador de la transcripción 3 (STAT3) en el músculo esquelético, promoviendo la atrofia muscular. La IL-6 también actúa sobre el tejido adiposo promoviendo la lipólisis (Argilés et al., 2018; Guida et al., 2025). Adicionalmente a la liberación de citocinas por parte de las células inmunológicas, otros tipos celulares como los adipocitos, células intestinales, hepatocitos y cardiomiocitos liberan péptidos que influyen sobre otros órganos afectando la ingesta de alimentos y la homeostasis energética. Un ejemplo de esto es la miostatina, una proteína producida por el músculo esquelético que contribuye al desgaste muscular (Argilés et al., 2018).

Por su parte, la permeabilidad intestinal permite la entrada de compuestos liberados por las bacterias intestinales como: lipopolisacáridos (LPS), flagelina y peptidoglucanos. Estos compuestos son capaces de estimular los receptores tipo Toll (TLR) en el músculo esquelético, lo que desencadena la activación del NF-κB exacerbando el desgaste muscular, principalmente a través del sistema ubiquitina proteasoma (Argilés et al., 2018; R. Wang & Nakshatri, 2020).

El hígado contribuye de forma importante a la inflamación asociada al cáncer. A medida que el cáncer progresa, los hepatocitos aumentan la síntesis de proteínas de fase aguda como la proteína C reactiva, el amiloide sérico A, el fibrinógeno, la haptaglobulina y factores del complemento B y C3. En contraste, la concentración de proteínas de fase aguda negativas como la transferrina y la albúmina, descienden en respuesta a la inflamación (Argilés et al., 2018). En el músculo, la proteólisis predomina sobre la síntesis de proteína; de hecho, esta degradación es la principal fuente de aminoácidos que transportan nitrógeno hacia el hígado, donde se utilizan para la síntesis de proteínas. En este sentido, la proteólisis muscular contribuye a sostener la síntesis proteínica y además, aumenta la disponibilidad de sustratos energéticos que son utilizados para la síntesis de células inmunológicas y proteínas involucradas en respuestas inflamatorias (Argilés et al., 2018). A su vez, brinda sustratos para la síntesis de proteínas tumorales (Lewandowska et al., 2022).

Por su parte, el tejido adiposo es un órgano interactivo y multicompartimental, que produce adipocinas y ejerce efectos paracrinos y endócrinos. En contraste, el tejido adiposo marrón es un tejido activo asociado con el hipermetabolismo dada la presencia de la proteína desacoplante mitocondrial 1 (UCP1) (Argilés et al., 2018). En el hipercatabolismo ocurren dos eventos a nivel del tejido adiposo blanco, primero se activa la movilización de grasa y por lo tanto la lipólisis, de la cual se obtiene el glicerol que servirá de sustrato para la gluconeogénesis. En segundo lugar, se produce la transformación de adipocitos blancos a adipocitos beige, mediada por miocinas y lactato. Los adipocitos beige expresan genes característicos de los adipocitos marrones como UCP1, por lo cual contribuye a un balance energético negativo (Argilés et al., 2018; da Fonseca et al., 2020).

Existe también una relación importante entre el tejido adiposo y el músculo esquelético que llevan al desarrollo de la desnutrición mediada por cáncer. De forma específica, el tejido adiposo blanco libera adipocinas que impactan de manera directa el metabolismo muscular. A su vez, el músculo esquelético secreta miocinas que promueven la lipólisis (Argilés et al., 2005, 2018). La infiltración muscular de células del tejido adiposo también podría contribuir a la pérdida muscular en pacientes con cáncer (Argilés et al., 2018; Stephens et al., 2011).

Por otro lado, el paciente oncológico presenta reducción en la ingesta alimentaria, así como alteraciones en la digestión, absorción de nutrimentos y en la homeostasis (Ocón Bretón et al., 2017). El aumento de citocinas circulantes, los mediadores liberados por el tumor y los cambios neuroendócrinos constituyen las principales señales que regulan la supresión del apetito. En este contexto, las citocinas proinflamatorias actúan a nivel hipotalámico, inhibiendo la actividad de las neuronas orexigénicas y potenciando la de las anorexigénicas (Argilés et al., 2018).

1.3 Impacto de la nutrición en el cáncer

La nutrición desempeña una función importante a lo largo de todo el proceso oncológico, por ejemplo, ciertos patrones dietéticos y estados de nutrición como la obesidad y la baja ingesta de frutas y verduras, se asocian con mayor riesgo de desarrollar algunos tipos de cáncer como el colorrectal y el de mama. En este contexto, se ha observado que entre 30 y 50 % de los neoplasias malignas podrían prevenirse al modificar cinco factores de riesgo: el exceso de peso, consumo de alcohol, tabaquismo y bajo consumo de frutas y verduras (The Lancet Public Health, 2024). Por otra parte, el estado nutricional del paciente oncológico, condiciona la respuesta al tratamiento, la aparición de complicaciones y calidad de vida (Onfray et al., 2026).

La desnutrición es una condición frecuente en los pacientes con cáncer y afecta de forma importante su calidad de vida. Al momento del diagnóstico, entre 15 y el 40 % de los pacientes presentan pérdida de peso, esto en función del tipo de cáncer. Además, la incidencia de desnutrición aumenta conforme el proceso oncológico avanza, llegando a afectar hasta el

80 % de los casos y siendo responsable de hasta el 30 % de las muertes (Ocón Bretón et al., 2017). Por otro lado, no siempre se encuentra al paciente típicamente delgado con complicaciones relacionadas con el desgaste secundario al cáncer. Esto quiere decir, que los pacientes desnutridos pueden presentar obesidad (da Fonseca et al., 2020).

La etiología de la desnutrición en oncología es compleja e incluye factores como la presencia de desórdenes metabólicos relacionados con el proceso tumoral, ingesta insuficiente o afección en la absorción de nutrimentos y efectos gastrointestinales adversos como mucositis, diarrea y náuseas (Adam et al., 2023; Ocón Bretón et al., 2017; Planas et al., 2015). Por ejemplo, la desnutrición moderada o grave puede presentarse cuando la ingesta energética es menor al 75 % de los requerimientos durante ≥ 1 mes, lo que favorece la pérdida de peso y de masa muscular (Ocón Bretón et al., 2017). Como parte de la etiología de la desnutrición también intervienen factores relacionados con la atención sanitaria, como el déficit de unidades de nutrición en los organigramas hospitalarios y en las unidades multidisciplinarias que atienden a pacientes con cáncer. Además de la falta de evaluación nutricional y de capacitación para detectar oportunamente la desnutrición (Ocón Bretón et al., 2017).

El deterioro del estado nutricional influye de forma negativa sobre la evolución clínica del paciente con cáncer, aumentando la incidencia de infecciones, la estancia hospitalaria y el riesgo de mortalidad (**Figura 4**). En línea con lo anterior, se ha observado que la mortalidad en pacientes oncológicos con desnutrición es de dos a cinco veces mayor que en aquellos con un estado nutricional adecuado (Adam et al., 2023; Ocón Bretón et al., 2017). Asimismo, los pacientes con riesgo nutricional permanecen hospitalizados entre tres y cuatro días más que aquellos sin riesgo. El riesgo nutricional también repercute en los costos de atención médica, los cuales pueden incrementarse hasta en un 29 % en pacientes oncológicos (Planas et al., 2015). En este contexto, se ha observado que los costos médicos anuales asociados con la desnutrición van de 9.5 a 15.5 billones de dólares en Estados Unidos

de América, más de 46.5 billones de dólares en Europa y aproximadamente 3.9 billones de dólares en México (Correia et al., 2018).



Figura 4. Impacto de la desnutrición en el paciente oncológico. Creado con https://BioRender.com

Dentro del contexto de la desnutrición, el músculo esquelético constituye uno de los tejidos más afectados; este tejido representa aproximadamente el 40 % de la masa corporal total y es fundamental para la movilidad, el mantenimiento de la postura, la termorregulación y el metabolismo de la glucosa y los aminoácidos (Giron et al., 2022; Nunes et al., 2022; Shemer, 2026). La masa muscular depende del equilibrio entre el catabolismo y la síntesis de proteínas musculares, entendiendo que ambos procesos ocurren de manera continua y simultánea (Giron et al., 2022; Nunes et al., 2022).

El desgaste muscular presentado en el paciente con cáncer es el resultado del desuso muscular en conjunto con una proteólisis aumentada (**Figura 5**). Durante el desuso muscular puede haber una disminución del 50 al 60 % en la síntesis proteínica tanto en ayuno como en estado alimentado, lo cual quiere decir que el desuso muscular favorece una resistencia anabólica al estímulo nutricional. Lo anterior, se suma al proceso oncológico y puede dar como resultado el desarrollo de sarcopenia o caquexia (Nunes et al., 2022).

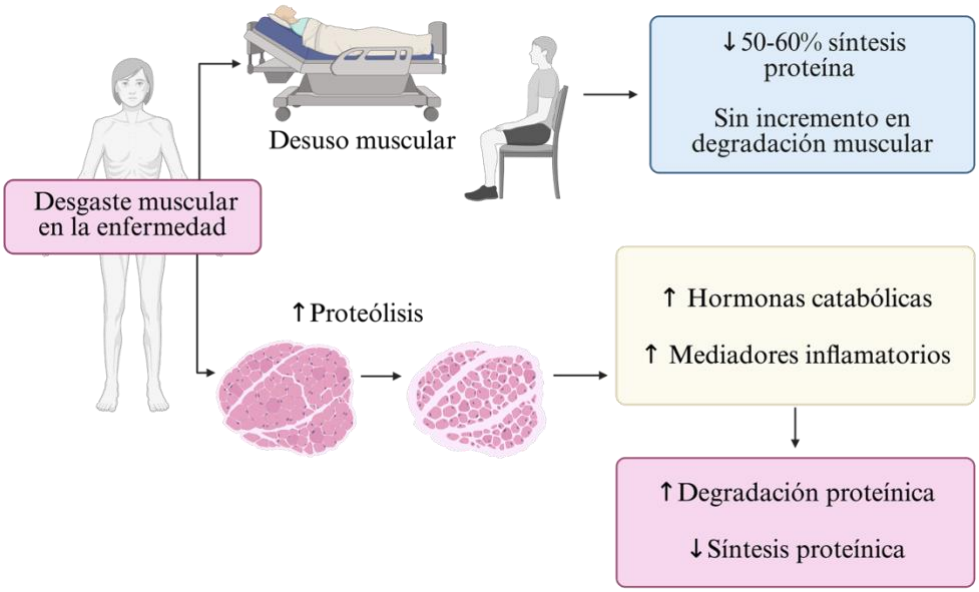


Figura 5. Desgaste muscular en el paciente oncológico. Creado con https://BioRender.com

La sarcopenia es un síndrome caracterizado principalmente por la presencia de dinapenia, esto es, baja fuerza muscular evaluada mediante la fuerza de prensión manual (FPM), en conjunto con la disminución de la masa muscular esquelética (Cruz-Jentoft et al., 2019; Morlino et al., 2022). La sarcopenia se divide en primaria o secundaria, siendo la sarcopenia primaria aquella que se presenta cuando no existe una etiología claramente identificable y el envejecimiento constituye la causa principal; en contraste, la sarcopenia secundaria se asocia con condiciones clínicas crónicas, como enfermedades inflamatorias, cáncer, obesidad y desnutrición (Morlino et al., 2022).

En el paciente oncológico la sarcopenia es una condición desfavorable dado que su presencia se asocia con complicaciones clínicas como, reducción en la efectividad del

tratamiento antineoplásico, mayor toxicidad inducida por la quimioterapia, mayor duración de la estancia hospitalaria posterior al evento quirúrgico y menor supervivencia. A su vez, incrementa el riesgo de caídas y fracturas, hay una menor capacidad para realizar tareas diarias y por lo tanto, una pérdida de la independencia (Benavides-Rodríguez et al., 2017; Morlino et al., 2022). Razones por las cuales evaluar su presencia antes de iniciar el tratamiento antineoplásico resulta fundamental (Morlino et al., 2022). Los pacientes con cáncer tienen mayor riesgo de desarrollar sarcopenia u obesidad sarcopénica debido a factores como, el catabolismo proteínico inducido por las células cancerosas, la toxicidad de los agentes antineoplásicos, reducción en la ingesta nutricional y el sedentarismo inducido por la fatiga asociada al cáncer (Park & Lee, 2021).

Por su parte, la caquexia es un síndrome metabólico multifactorial caracterizado por la rápida pérdida de peso a expensas del musculo esquelético y con frecuencia pérdida de tejido adiposo, afecta al 80 % de los pacientes en estadios tardíos y es responsable por más del 30 % de las muertes en pacientes oncológicos (Ardis et al., 2025; Mallard et al., 2021; Planas et al., 2015; Wang et al., 2023). La caquexia se acompaña de importantes alteraciones metabólicas, como el aumento del gasto energético en reposo, catabolismo del músculo esquelético, aumento de la lipólisis y anorexia. Asimismo es responsable del incremento en el comportamiento sedentario, el deterioro funcional, la pérdida de autonomía, el deterioro de la calidad de vida, el riesgo quirúrgico y la aparición de efectos adversos secundarios a la quimioterapia (Ardis et al., 2025; Mallard et al., 2021; Wang et al., 2023).

1.4 Evaluación nutricional en oncología

Dado que la desnutrición es una condición frecuente entre los pacientes con cáncer, la evaluación temprana del estado nutricional resulta crucial y debe realizarse desde el momento del diagnóstico oncológico (Maurício et al., 2018; Muscaritoli et al., 2021). En este aspecto, la evaluación del estado nutricio debe de ir más allá de un análisis del IMC e incluir un conjunto de indicadores nutricionales que permitan mejorar la precisión y exactitud del diagnóstico nutricional (Bering et al., 2015).

Una de las herramientas mejor establecidas para estimar el estado nutricional del paciente oncológico es la Valoración Global Subjetiva Generada por el Paciente (VGS-GP), la cual es considerada el estándar de oro para la evaluación nutricional de los pacientes con cáncer. Además, es un cuestionario de rápida aplicación, rentable y factible que puede implementarse con facilidad por el personal de salud y que permite identificar a aquellos pacientes que necesitan una evaluación nutricional más detallada (Maurício et al., 2018; Muscaritoli et al., 2021).

Por su parte, la evaluación de la composición corporal por medio de la impedancia bioeléctrica (BIA) ha tomado relevancia en los últimos años en el área de oncología, ya que es un método fácil de usar y no invasivo que mide las propiedades eléctricas de los tejidos del paciente lo que provee información acerca del estado nutricional (Martins et al., 2021; Maurício et al., 2018). En los últimos años, la BIA ha sido utilizada para evaluar el ángulo de fase (AF), el cual se obtiene a partir de los datos crudos de resistencia (R) y reactancia (Xc) y que ha demostrado ser un indicador útil para predecir la supervivencia en pacientes con cáncer (Martins et al., 2021).

Los cambios en el AF observados en pacientes oncológicos pueden ser atribuidos a la enfermedad o al tratamiento. En este contexto, un mayor valor de AF se asocia con una alta capacitancia de las membranas celulares; mientras que valores bajos indican un deterioro de la integridad de la membrana celular y mayor riesgo de apoptosis (Martins et al., 2021). Por lo anterior, se ha demostrado que un AF bajo puede estar asociado con efectos adversos y a la vez, se le ha considerado como indicador pronóstico de menor supervivencia en pacientes con distintos tipos de cáncer, entre ellos el cáncer colorrectal (CCR) y el cáncer de mama (Gupta, Lis, et al., 2008; Martins et al., 2021; Maurício et al., 2018).

La fuerza de prensión manual (FPM) es una herramienta que permite evaluar la función del músculo esquelético, ya que guarda una relación estrecha con el estado nutricional (Bering et al., 2015). La FPM baja es considerada un indicador de resultados clínicos desfavorables, como estancias hospitalarias prolongadas, limitaciones funcionales, menor calidad de vida y mayor mortalidad (Cruz-Jentoft et al., 2019). La integración de

diversos indicadores nutricionales, incluidos los parámetros funcionales y bioquímicos, permite mejorar la precisión y la exactitud del diagnóstico nutricional, lo que resulta fundamental en oncológica (Bering et al., 2015).

1.5 Terapia nutricional en el paciente con cáncer

El tratamiento nutricional es fundamental para el manejo integral de los pacientes con cáncer y debe ser ajustado a las necesidades individuales de cada paciente (Lewandowska et al., 2022; Onfray et al., 2026). El estándar de oro para determinar los requerimientos nutricionales es la calorimetría indirecta; sin embargo, es una técnica costosa poco accesible para las instituciones públicas. Por lo cual, en las instituciones hospitalarias el uso de fórmulas es la práctica más común. De acuerdo con las recomendaciones de la Sociedad Europea de Nutrición Parenteral y Enteral, el requerimiento de energía para los individuos con cáncer va de 25 a 30 kcal/kg de peso corporal actual por día (Lewandowska et al., 2022; Muscaritoli et al., 2021). Es importante individualizar los aportes energéticos de acuerdo con el diagnóstico nutricional (Muscaritoli et al., 2021).

Las recomendaciones de proteína van de 1.0 a 1.5 g/kg al día y en caso de existir un catabolismo proteínico muy elevado podrían proporcionarse hasta 2 g/kg al día (Muscaritoli et al., 2021; Ocón Bretón et al., 2017). Es importante considerar que cuando el paciente no logra cubrir de manera sostenida entre el 60 al 75 % de sus requerimientos energéticos y proteínicos, o continúa presentando pérdida de peso y masa muscular durante un período de 5 a 7 días en pacientes hospitalizados o de 1 o 2 semanas en pacientes ambulatorios, se recomienda iniciar con soporte nutricional mediante suplementos orales, nutrición enteral y/o parenteral (Onfray et al., 2026).

Para los pacientes que serán tratados con radioterapia, se recomienda una dieta de fácil digestión en donde se excluyan alimentos altos en grasa, leche sin pasteurizar, verduras y frutas crudas, bebidas gasificadas, jugos y especias. En algunos pacientes se recomienda restringir el aporte de fibra y los alimentos con lactosa para disminuir el riesgo de distención y dolor abdominal y diarrea (Lewandowska et al., 2022). Por otro lado, se recomienda incrementar la ingesta de proteína a expensas de queso cottage bajo en grasa, productos

lácteos fermentados, pollo, pescados de agua salada y huevo. La ingesta de verduras podrá realizarse en la medida que el paciente lo tolere y estás pueden brindarse cocidas o en forma de puré. A su vez, los alimentos salados, encurtidos, ahumados, las bebidas alcohólicas y el café, deberán ser excluidos de la dieta (Lewandowska et al., 2022).

1.6 Cáncer colorrectal y de mama como problemas de salud pública

De acuerdo con la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC), en el año 2024 se registraron 20.6 millones de casos nuevos de cáncer y 9.8 millones de muertes por esta causa a nivel mundial (IARC, 2026). Entre las principales neoplasias malignas, el cáncer de pulmón ocupó el primer lugar en incidencia, con aproximadamente 2.6 millones de casos, equivalentes al 12.8 % del total de casos de cáncer, seguido del cáncer de mama, que representó el 11.8 % y el CCR con el 9.9 % (IARC, 2026). En México, el cáncer de mama constituye la neoplasia maligna con mayor incidencia y la segunda causa de mortalidad por cáncer (**Figura 6**); por su parte, el CCR ocupa el cuarto lugar tanto en incidencia como en mortalidad (IARC, 2024). En conjunto, ambas neoplasias representan un importante problema de salud pública, tanto a nivel mundial como nacional (IARC, 2026; INEGI, 2026a). Asimismo, la incidencia de cáncer de mama y CCR ha mostrado un incremento en población adulta joven (Eng et al., 2024; Koh et al., 2023).

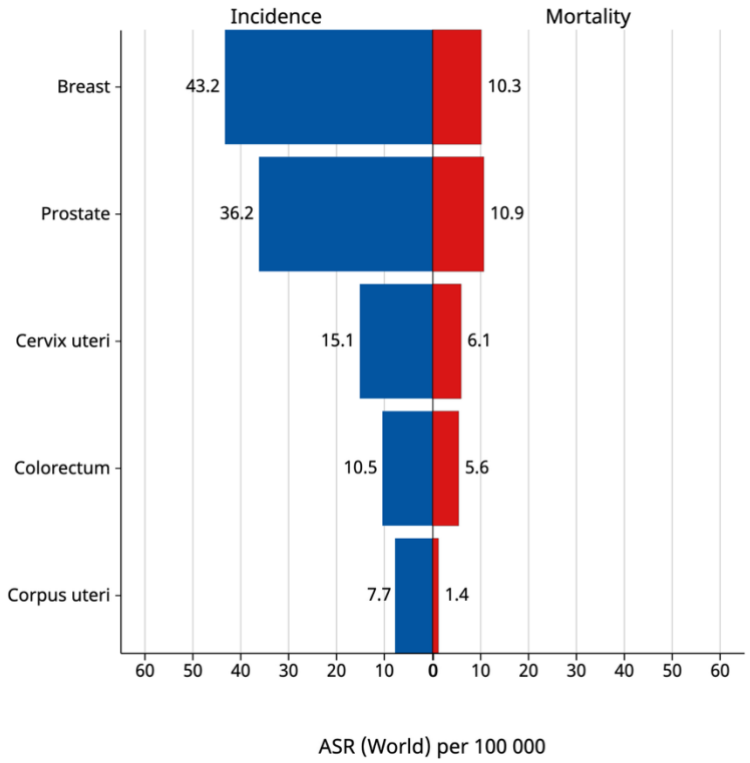


Figura 6. Incidencia y mortalidad de los cinco principales tipos de cáncer en México. ASR: tasa estandarizada por edad. Tomado de Cáncer TODAY|IARC – https://gco.iarc.who.int/today

De acuerdo con las proyecciones de la IARC, el número de casos nuevos de CCR y cáncer de mama en México podrían aumentar de forma considerable entre 2024 y 2050 (**Figura 7**). En el caso del CCR, el número de casos nuevos podría tener un incremento proyectado del 87.7 % para el año 2050. Por su parte, para el cáncer de mama se estima un aumento del 54.7 % durante el mismo periodo (IARC, 2026). Por otro lado, se prevé un aumento del 104.8 % en el número de muertes por CCR y del 82.8 % en el número de muertes por cáncer de mama para el año 2050 (IARC, 2026).

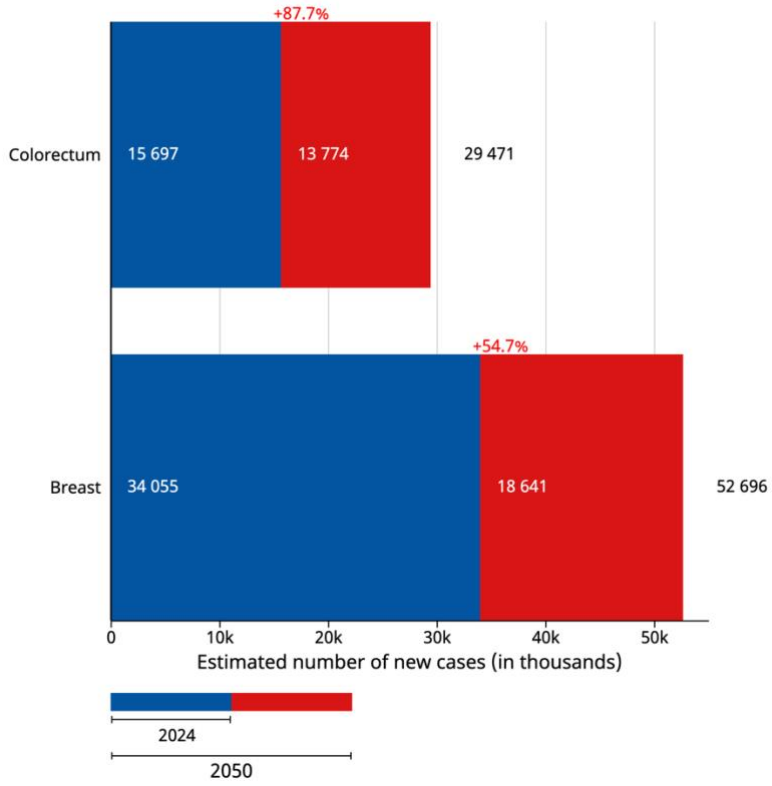


Figura 7. Número estimado de casos nuevos de CCR y cáncer de mama en México del 2024 al 2050. Tomado de Cáncer TODAY|IARC – https://gco.iarc.who.int/today

Además de la carga asociada con la morbilidad y mortalidad, el cáncer representa una importante carga económica y social, debido a los costos directos de la atención médica, la pérdida de productividad asociada con la enfermedad y la muerte prematura, así como a las repercusiones psicológicas en los pacientes y sus familiares. Dado lo anterior, se estima que el costo global del cáncer supera el billón de dólares anuales (Brown et al., 2023). En este contexto, la creciente carga epidemiológica de ambas neoplasias malignas y sus repercusiones clínicas y sociales resaltan la urgencia de identificar factores potencialmente modificables que puedan influir en la evolución clínica de los pacientes. Como parte de estos factores, el estado nutricional adquiere especial relevancia por su asociación con la respuesta al tratamiento y el pronóstico oncológico. Asimismo, en el cáncer de mama, resulta esencial estudiar la relación entre el estado nutricional y el bacterioma intestinal, dada su posible implicación en la respuesta al tratamiento, la evolución de la enfermedad y la sobrevida libre de cáncer.

Capítulo I.

Estado nutricional del paciente con cáncer colorrectal durante el periodo postquirúrgico

Resumen

Introducción: El CCR es un problema relevante de salud pública a nivel nacional e internacional. Este tipo de neoplasia maligna presenta una alta tasa de incidencia y mortalidad. Además, los tumores malignos de colon y recto tienen un alto impacto en el estado nutricional de los pacientes, lo que pone en riesgo su respuesta clínica al tratamiento y con ello su supervivencia.

Métodos: Estudio transversal comparativo en el que se incluyeron 14 pacientes con CCR y 14 controles sin enfermedad oncológica pareados por edad y sexo. Se evaluó el estado nutricional de pacientes con CCR postoperados y de controles mediante la VGS-GP, indicadores antropométricos, bioquímicos y dietéticos, BIA, AF y FPM. Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad. Se usó la correlación de Pearson para determinar las variables confusoras. Se realizó el análisis de covarianza para las variables cuantitativas, ajustando indicadores los antropométricos por edad y los bioquímicos por edad y nivel socioeconómico.

Resultados: El 78.6 % de los pacientes con CCR presentaron desnutrición de acuerdo con la VGS-GP. El 75 % tenía un AF bajo, el 66.7 % de los pacientes presentaba FPM baja; mientras que 50 % cursaban con sarcopenia. La hemoglobina, el conteo total de linfocitos, el colesterol y las proteínas totales fueron significativamente más bajas en el grupo con CCR. La ingesta proteínica en el grupo de CCR fue significativamente más baja con respecto a sus requerimientos.

Conclusión: La integración de la VGS-GP, el AF, la FPM y los indicadores bioquímicos y dietéticos permitieron la detección de una alta proporción de desnutrición en los pacientes con CCR en comparación con el uso individual del IMC. Los pacientes con CCR presentan desnutrición incluso antes del inicio de la quimioterapia, lo que resalta la relevancia de incluir al nutriólogo dentro del equipo multidisciplinario desde el momento del diagnóstico oncológico.

Palabras clave: Cáncer colorrectal, desnutrición, bioimpedancia eléctrica, ángulo de fase.

Abstract

Introduction: Colorectal cancer (CRC) is a relevant public health issue at the national and international levels. This malignant neoplasia has high incidence and mortality rates. Moreover, malignant tumors of the colon and rectum have a significant impact on patient's nutritional status, which may compromise their response to treatment and, consequently, their survival.

Methods: A comparative cross-sectional study was conducted, including 14 patients with CRC and 14 controls without oncological disease, matched by age and sex. The nutritional status of postoperative patients with CRC and controls was evaluated using the Patient Generated Subjective Global Assessment (PG-SGA), anthropometric, biochemical and dietary indicators, bioelectrical impedance analysis, phase angle (PhA) and handgrip strength (HGS). The Shapiro-Wilk test was used to assess normality. Pearson´s correlation coefficient was used to identify potential confounding variables. Analysis of covariance was performed for quantitative variables, adjusting anthropometric indicators for age and biochemical indicators for age and socioeconomic status.

Results: A total of 78.6 % of patients with CRC were classified with undernutrition according to the PG-SGA. Additionally, 75 % had a low PhA, 66.7 % presented low HGS, whereas 50 % had sarcopenia. Hemoglobin, total lymphocyte count, cholesterol and total protein levels were significantly lower in the CRC group. Protein intake was significantly lower than the patient's estimated requirements.

Conclusion: The integration of the PG-SGA, PhA, HGS and biochemical and dietary indicators allowed for the detection of a high proportion of undernutrition among patients with CRC compared with the use of BMI alone. Patients with CRC presented undernutrition even before the initiation of chemotherapy, highlighting the importance of including a nutritionist in the multidisciplinary team from the time of cancer diagnosis.

Keywords: colorectal cancer, undernutrition, bioelectrical impedance, phase angle.

I. Introducción

El CCR representa el cuarto tumor maligno con mayor incidencia en México y constituye una de las principales causas de mortalidad por cáncer (IARC/WHO, 2024; INEGI, 2026b). Las neoplasias malignas de colon y recto tienen una relación estrecha con el estado nutricional, ya que su desarrollo puede estar influenciado por factores como la dieta, el exceso de tejido adiposo y el sedentarismo (Agrawal et al., 2025; Eng et al., 2024). Asimismo, debido a que estos tumores malignos afectan directamente el tracto gastrointestinal, pueden tener un impacto importante sobre el estado nutricional (Guida et al., 2025). En este contexto, los pacientes con CCR son susceptibles a presentar una reducción en la ingesta alimentaria, alteraciones en la digestión y absorción de nutrimentos, factores que pueden exacerbarse ante la presencia de obstrucciones intestinales secundarias al crecimiento tumoral (Ocón Bretón et al., 2017).

De manera complementaria a los efectos adversos inducidos por el cáncer, los tratamientos oncológicos también influyen en el estado nutricional de los pacientes, por lo que la valoración y el tratamiento nutricional deben iniciarse en el momento del diagnóstico oncológico (Muscaritoli et al., 2021). Una de las etapas críticas en el tratamiento del cáncer es la resección tumoral. Durante la fase perioperatoria, el paciente puede experimentar una serie de cambios metabólicos y periodos de ayuno que pueden afectar su estado nutricional, así como su desenlace clínico posterior (Guida et al., 2025; Gustafsson et al., 2025).

Por lo anterior, en este capítulo se abordará la evaluación del estado nutricional en pacientes con CCR en el periodo postquirúrgico, mediante la integración de diferentes indicadores antropométricos, de composición corporal, función muscular, indicadores bioquímicos y dietéticos. Asimismo, se considerará el AF como herramienta complementaria para la evaluación nutricional. La utilización conjunta de estos indicadores permite obtener una valoración integral del estado nutricional, considerando aspectos relacionados con las reservas corporales, la función celular, la ingesta dietética y las alteraciones metabólicas que pueden presentarse durante el periodo posterior al tratamiento quirúrgico.

II. Antecedentes del cáncer colorrectal

2.1 Epidemiología del cáncer colorrectal

El CCR es un problema de salud pública creciente a nivel mundial (Hossain et al., 2022). Se ubicó en el 2024 entre los cuatro tipos de cáncer más comunes con una incidencia de 10.5 casos y una tasa de mortalidad de 5.6 casos por cada 100 mil habitantes, registrándose como la cuarta causa de muerte a nivel mundial por enfermedades oncológicas (IARC, 2024). La IARC estima que la incidencia de CCR a nivel mundial aumentará un 87.7 % para el año 2050 y que el número de muertes por esta patología incrementará en un 104.8 % para 2050 (IARC, 2024).

El CCR ocupa el cuarto lugar con más incidencia en México, con una tasa de 10.5 casos por cada 100 mil habitantes (IARC, 2024). Además, es la primera causa de muerte por cáncer en hombres de 30 a 59 años; mientras que, en los adultos mayores (> 60 años) representa la tercera causa de muerte en mujeres y la cuarta en hombres (INEGI, 2026a).

Se ha observado que alrededor del 70 % de los casos de CCR son esporádicos, lo que quiere decir que ocurren al azar, el 5 % son causados por síndromes genéticos y el 25 % tiene un componente hereditario no esclarecido, al que se le conoce como CCR familiar (Agrawal et al., 2025). La edad promedio de diagnóstico del CCR es de 67 años, por lo cual solo un 10 % de los pacientes se encuentran por debajo de los 50 años de edad. Sin embargo, en los últimos años, la incidencia ha ido aumentando en las economías emergentes, así como en la población < 50 años (Eng et al., 2024). Por otra parte, la tasa de supervivencia a cinco años por CCR es de aproximadamente el 90 % para el estadio I, 70 % para el estadio II, del 45 al 65 % para el estadio III y de 14 % cuando la enfermedad se encuentra en el estadio IV (Eng et al., 2024; Matsuda et al., 2025).

2.2 Factores de riesgo del CCR

Los factores ambientales y genéticos tienen influencia sobre el riesgo de desarrollar CCR (Hossain et al., 2022). La incidencia de CCR es aproximadamente 44 % mayor en el género masculino, también aumenta con la edad, el sedentarismo, historia familiar de CCR, composición corporal, tabaquismo, consumo excesivo de alcohol, bebidas azucaradas, carnes rojas y carnes procesadas, presencia de pólipos intestinales, enfermedad inflamatoria intestinal y disbiosis intestinal (**Figura 8**) (Agrawal et al., 2025; Brenner et al., 2014; Eng et al., 2024; Soleimani et al., 2020).

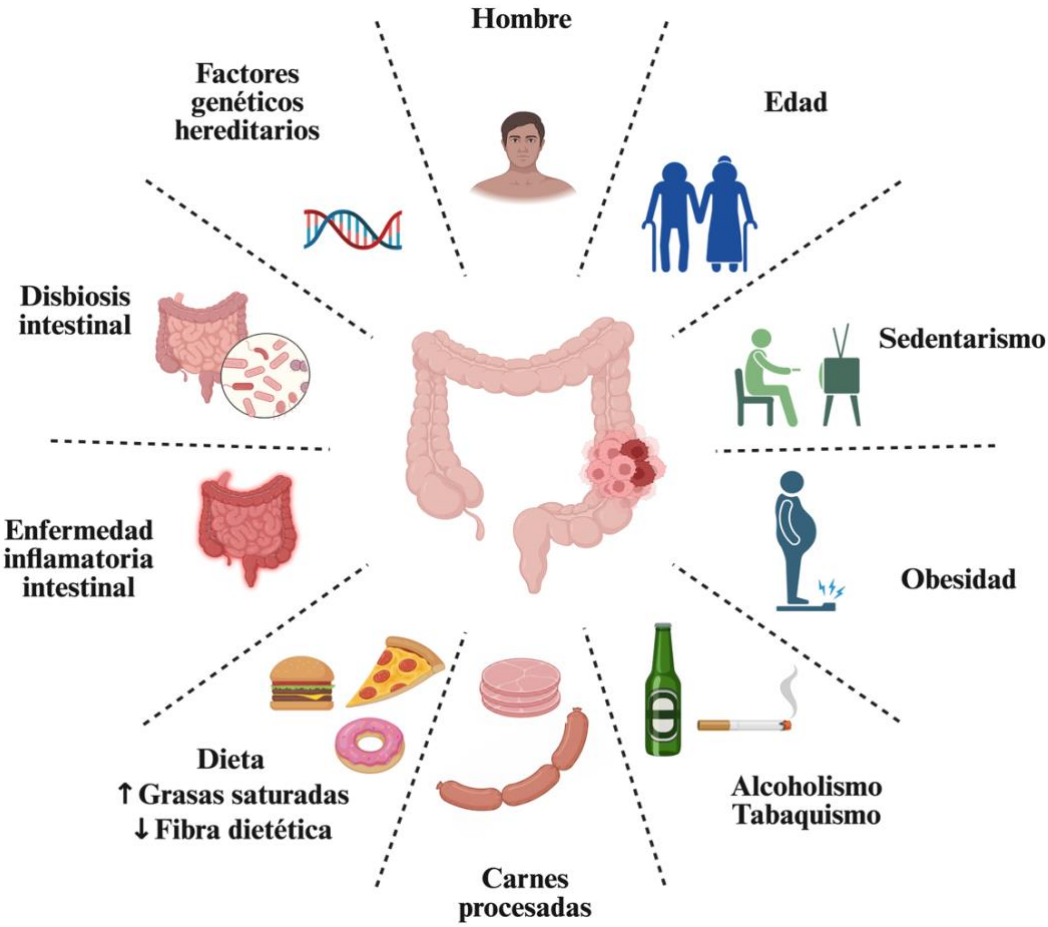


Figura 8. Principales factores de riesgo relacionados con el desarrollo de CCR. Creado con https://BioRender.com

Por su parte, el síndrome metabólico se asocia con un aumento en la incidencia del 25 % para ambos sexos y un incremento del 15 % en la mortalidad por cáncer en hombres

(Eng et al., 2024). El síndrome metabólico también se asoció con el CCR de inicio temprano, en individuos < 50 años, con una razón de momios de 1.25 (Eng et al., 2024). A su vez, la ingesta de bebidas alcohólicas también contribuye a la carcinogénesis colorrectal al favorecer las anormalidades genéticas, epigenéticas, señalización celular y desregulación de procesos inmunológicos. En este sentido, las personas que consumen al menos 50 g/día de etanol tienen un riesgo relativo de 1.21 de desarrollar CCR (Eng et al., 2024; Thanikachalam & Khan, 2019).

De forma específica, los factores de riesgo relacionados con la alimentación tienen un impacto importante sobre la incidencia de tumores malignos colorrectales. Por ejemplo, el consumo de 50 g por día de carnes procesadas incrementa el riesgo un 17 %; el consumo diario de bebidas azucaradas se relaciona con un riesgo del 16 % en la población femenina y la obesidad contribuye con un riesgo relativo de 1.05 por cada 5 kg/m^2 (Matsuda et al., 2025). En otro estudio se observó que el riesgo de CCR en hombres aumenta de 20 a 30 % por cada incremento de 5 kg/m^2 en el IMC; mientras que, en mujeres el riesgo se eleva aproximadamente un 10 % por cada incremento de kg/m^2 (Thanikachalam & Khan, 2019).

2.3 Oncogénesis y clasificación del CCR

El CCR es una enfermedad multifactorial que se desarrolla cuando las células epiteliales del colon acumulan alteraciones genéticas y epigenéticas que les confieren un fenotipo hiperproliferativo (Hossain et al., 2022; Soleimani et al., 2020). Esta proliferación acelerada favorece la formación de un adenoma benigno, que es capaz de progresar a un carcinoma y causar metástasis a través de un conjunto de diversas vías, incluyendo la inestabilidad de microsatélites (MSI), inestabilidad cromosómica y la neoplasia serrada (Hossain et al., 2022).

La vía adenoma – carcinoma (**Figura 9**) constituye la vía tradicional de la oncogénesis del CCR, representa la mayoría de los casos esporádicos y está caracterizada por la inestabilidad cromosómica (Hossain et al., 2022). En esta vía, el cáncer comienza como un pólipo adenomatoso, el cual es un tumor benigno. Este pólipo va acumulando una serie de mutaciones, crece progresivamente, se convierte en un adenoma y tras la acumulación

adicional de alteraciones genéticas da finalmente origen a un tumor maligno conocido como adenocarcinoma, el cual representa aproximadamente el 96 % de los casos de CCR (Hossain et al., 2022).

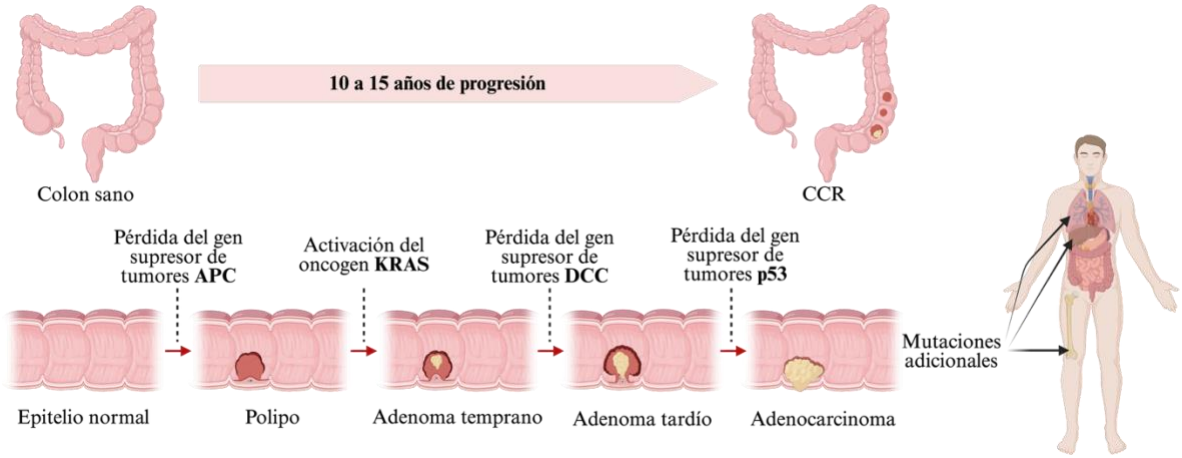


Figura 9. Vía adenoma – carcinoma. Vía canónica del desarrollo del CCR en la que se ilustran las principales alteraciones genéticas que promueven un estado hiperproliferativo y la progresión desde un tumor benigno hasta uno maligno. Modificado de Hossain et al., (2022). Creado con https://BioRender.com

El desarrollo del CCR puede tomar de 10 a 15 años, lo que quiere decir que para que un pólipo pase a ser una neoplasia maligna es necesario que transcurra ese lapso de tiempo (Hossain et al., 2022). Alrededor del 10 % de los pólipos adenomatosos pueden transformarse en adenocarcinomas (Agrawal et al., 2025). Aún con lo anterior, solo aproximadamente un 40 % de los CCR se detectan en etapas tempranas (Hossain et al., 2022). Los adenocarcinomas pueden clasificarse en cinco estadios dependiendo la extensión y gravedad del cáncer (**Tabla 1**) (Agrawal et al., 2025; Hossain et al., 2022).

Tabla 1. Características principales de los estadios correspondientes al CCR

Estadio	Características principales
0	Carcinoma *in situ*. Las células cancerosas se encuentran en la mucosa del colon o del recto.
I	El tumor maligno invade la submucosa o la capa muscular propia.
II	El tumor ha aumentado su tamaño y se extiende hacia la serosa sin invadir ganglios linfáticos.
III	Se caracteriza por una invasión del peritoneo visceral y la propagación a ganglios linfáticos adyacentes.
IV	Hay invasión de órganos o tejidos distales, principalmente hígado, pulmón y hueso.

Además, el CCR se clasifica en cuatro categorías de acuerdo con los subtipos moleculares de consenso (CMS). Esta clasificación se basa en el análisis transcriptómico a gran escala de los tumores primarios en dónde se evaluó el microambiente tumoral, las firmas metabólicas, las características genéticas y epigenéticas y otras alteraciones moleculares y vías carcinogénicas (Agrawal et al., 2025; Eng et al., 2024).

- El CMS1 representa aproximadamente el 14 % de los tumores colorrectales y se caracteriza por la presencia de rasgos hipermutables, elevada MSI y fenotipo metilador de istas CpG (CIMP), puede contener mutaciones en BRAF, baja cantidad de alteraciones somáticas en el número de copias (SCNA) e infiltración y activación de células inmunológicas (Agrawal et al., 2025; Eng et al., 2024).
- El CMS2 es de tipo canónico y corresponde al 37 % de todos los CCR. Presenta alta cantidad de alteraciones somáticas en el número de copias (SCNA), microsatélites estables, alta inestabilidad cromosómica, vías WNT y MYC activas, mayor expresión del factor de crecimiento epidérmico (EGFR) y mutaciones en el gen TP53 y APC y mayor supervivencia tras recaída (Agrawal et al., 2025; Eng et al., 2024).
- El CMS3 es de tipo metabólico y representa el 13 % de los tumores, posee un patrón genómico y epigenómico heterogéneo con una combinación de características. Un aproximado del 30 % de los tumores exhiben hipermutación, inestabilidad cromosómica intermedia, cantidad intermedia de SCNA, con niveles moderados a bajos de MSI y nivel bajo de CIMP. Hay desregulación en los marcadores metabólicos, elevación leve de las vías WNT y MYC, mutaciones en KRAS y APC (Agrawal et al., 2025; Eng et al., 2024).
- El CMS4 es de tipo mesenquimal y está presente en aproximadamente el 23 % de las neoplasias malignas. Tiene un aumento significativo de la expresión de genes asociados con la transición epitelio-mesénquima, la remodelación de la matriz extracelular, angiogénesis, señalización de TGF-β y procesos inflamatorios. Además, se caracteriza por una elevada frecuencia de SCNA, inestabilidad cromosómica alta y bajo nivel de hipermutación. Este subtipo presenta mala supervivencia tras la recaída y peor supervivencia en general (Agrawal et al., 2025; Eng et al., 2024).

- Por último, se encuentra el CMS de tipo mixto que representa el 13 % de los tumores y se caracteriza por estados intermedios de las características moleculares respectivas de cada uno de los subtipos (Eng et al., 2024).

2.4 Cuadro clínico y diagnóstico

Las manifestaciones clínicas más frecuentes del CCR incluyen la hematoquecia o melena, dolor abdominal, anemia ferropénica de causa no aparente y cambios en los hábitos intestinales, así como pérdida de peso y de apetito; cada uno de estos signos y síntomas pueden aparecer de manera aislada o en combinación (Eng et al., 2024; Thanikachalam & Khan, 2019). Con menor frecuencia se puede presentar distención abdominal y náuseas o vómito, los cuales podrían indicar la presencia de obstrucción a nivel intestinal. La anemia por deficiencia de hierro secundaria a pérdida sanguínea no detectada, es común en los tumores malignos localizados en el colon derecho, conformado por el ciego y el colon ascendente (Eng et al., 2024).

La colonoscopia es la prueba diagnóstica más precisa, permite localizar y tomar muestras de las lesiones, detectar neoplasias sincrónicas y extraer pólipos (Eng et al., 2024; Thanikachalam & Khan, 2019). Ya diagnosticado el CCR, se realiza una tomografía computarizada con contraste en pecho, abdomen y pelvis, lo que permite la estadificación del tumor (Thanikachalam & Khan, 2019).

2.5 Tratamiento oncológico del CCR

El tratamiento estándar para el CCR es la cirugía, especialmente en los estadios 0 a II, la cual consiste en la resección del tumor y los nódulos linfáticos circundantes (Agrawal et al., 2025; Hossain et al., 2022; Lewandowska et al., 2022). Los procedimientos quirúrgicos que conllevan a la formación de un estoma se relacionan con el tratamiento del CCR a nivel del recto, donde el tumor se encuentra cerca o invadiendo el esfínter rectal (Lewandowska et al., 2022).

En algunos pacientes con CCR en estadio II y en todos los pacientes con estadios III y IV, además del tratamiento quirúrgico se puede prescribir quimioterapia, radioterapia o

terapia dirigida (Hossain et al., 2022; Lewandowska et al., 2022). Los pacientes con cáncer rectal suelen recibir quimioradiación; mientras que, los pacientes con cáncer de colon reciben quimioterapia con fármacos como 5-fluorouracilo, irinotecán y oxiplatino. También pueden ser tratados con terapia dirigida como bevacizumab, cetuximab y panitumumab (Lewandowska et al., 2022; Thanikachalam & Khan, 2019). Para los pacientes con CCR metastásico e MSI la inmunoterapia a base de pembrolizumab es una opción terapéutica (Thanikachalam & Khan, 2019).

2.6 CCR y estado nutricional en el perioperatorio

El CCR es una enfermedad catabólica caracterizada por la reducción de las reservas corporales a consecuencia de la sobreactivación de vías metabólicas e inflamación sistémica (Guida et al., 2025; Lewandowska et al., 2022; Zahorodnii et al., 2025). Además, tratamientos como la cirugía, la quimioterapia, la radioterapia y la terapia dirigida, contribuyen a agravar el estado hipercatabólico, propiciando el deterioro del estado nutricional (Guida et al., 2025). A lo anterior se suma la reducción en la ingesta alimentaria, las alteraciones en la digestión y absorción de nutrimentos, factores que pueden agravarse en presencia de obstrucciones intestinales secundarias al crecimiento tumoral (Ocón Bretón et al., 2017).

Asimismo, el crecimiento tumoral en la pared intestinal puede afectar la permeabilidad del intestino al disminuir la expresión de las proteínas de unión estrecha. La disfunción de la barrera intestinal promueve la malabsorción de nutrimentos y diarrea, contribuyendo al balance energético negativo del paciente (Argilés et al., 2018; Soler et al., 1999). No es de sorprender entonces, que la prevalencia de desnutrición en pacientes con CCR oscile entre el 48 % y el 61 %, aumentando conforme progresa la enfermedad y/o el tratamiento oncológico (Lewandowska et al., 2022; Ocón Bretón et al., 2017).

En este sentido, la cirugía constituye la primera línea de tratamiento para la mayoría de los casos de CCR e induce alteraciones metabólicas que deben ser consideradas (Guida et al., 2025; Lewandowska et al., 2022). Las intervenciones quirúrgicas desencadenan una respuesta sistémica compleja caracterizada por inflamación, lesión por isquemia-reperfusión

y activación de vías inmunitarias y neuroendocrinas, lo que conduce a un aumento en la liberación de cortisol, glucagón y catecolaminas, dando origen a un estado catabólico (Guida et al., 2025; Zahorodnii et al., 2025).

Además, surge una resistencia a la insulina que puede persistir durante más de una semana dependiendo de la magnitud de la cirugía. En respuesta a la resistencia a la insulina, hay un aumento compensatorio en la secreción de esta hormona, que lleva al aumento de la glucogenólisis hepática, agravando la hiperglucemia periférica (Guida et al., 2025). También aumentan la lipólisis y la proteólisis. Y en conjunto la liberación de sustratos provenientes de las reservas corporales ayudan a cubrir las demandas metabólicas de la respuesta inmunológica y la reparación de tejidos (Guida et al., 2025; Zahorodnii et al., 2025).

Es importante destacar que estos cambios metabólicos ocurren en una población con altas tasas de deterioro nutricional, en la que la desnutrición es subdiagnosticada. Esta falta de identificación oportuna de las deficiencias nutricionales, puede traducirse en oportunidades perdidas para intervenciones tempranas, incrementando el riesgo de morbilidad postquirúrgica (Zahorodnii et al., 2025). Existen pocos estudios que hayan evaluado el estado nutricional de los pacientes con CCR en la etapa pre o postquirúrgica. En un estudio realizado por Kim et al., (2019) se observó que el 26.3 % de los pacientes postquirúrgicos presentaban un estado nutricional deteriorado de acuerdo con la herramienta de tamizaje nutricional Instant Nutritional Assessment. Además, el 68 % de los individuos tenía un bajo conteo de linfocitos, 26.3 % cursaba con anemia y 98.5 % presentó hipoalbuminemia. Adicionalmente, este grupo de investigadores encontró que la pérdida de peso fue significativa durante los tres meses posteriores al evento quirúrgico.

Por su parte, Karin et al. (2020) evaluaron el estado nutricional de pacientes con CCR antes del tratamiento quirúrgico y de la quimioterapia neoadyuvante. En este estudio encontraron que el 7 % de los pacientes presentaba desnutrición de acuerdo con el IMC, mientras que el 48.1 % fue clasificado con desnutrición según la VGS-GP. En otro estudio, Burden et al. (2010) observaron en pacientes programados a cirugía que 41.2 % estaban desnutridos de acuerdo con la VGS, el 9.3 % de la población tenía un IMC de desnutrición y

54 % presentaba baja FPM. A su vez, Gillis et al. (2021) realizaron la evaluación nutricional de pacientes con CCR en protocolo de preparación para la cirugía y encontraron que, de acuerdo con el IMC, 2 % de la población tenía peso bajo; además, 15 % presentaba baja masa libre de grasa (MLG), 22 % cursaban con baja FPM y 17 % de la población había recibido quimioterapia neoadyuvante.

Por último, Balderas-Peña et al. (2020) realizaron un estudio en pacientes mexicanos con diagnóstico de CCR, en donde aproximadamente 74 % de los pacientes incluidos había recibido tratamiento con quimioterapia. Dentro del estudio se consideró el IMC, la composición corporal medida por BIA, la FPM, marcadores bioquímicos como proteínas totales, albúmina, conteo total de linfocitos y colesterol. Sin embargo, la evidencia disponible sobre este tema sigue siendo limitada y hasta el momento no hemos identificado algún estudio realizado en México, en dónde se evalué el estado nutricional considerando en conjunto indicadores antropométricos, bioquímicos, dietéticos; además de la evaluación de composición corporal por medio de BIA y FPM.

2.7 Terapia nutricional para el paciente con CCR

2.7.1 Indicaciones nutricionales en el perioperatorio

La intervención nutricional perioperatoria tiene el potencial de reducir el catabolismo y favorecer el anabolismo (Guida et al., 2025). Por lo cual, se recomienda el uso temprano de tamizajes nutricionales validados que permitan identificar y atender las deficiencias nutricionales. Algunas de las herramientas de tamizaje recomendadas son el Malnutrition Universal Screening Tool (MUST), VGS-GP y el Nutritional Risk Score 2002 (NRS 2002) (Gustafsson et al., 2025; Zahorodnii et al., 2025). El soporte nutricional para los pacientes identificados con desnutrición debe comenzar de 7 a 10 días antes de la cirugía programada, dando prioridad a la vía enteral. Los suplementos nutricionales orales pueden aportar 500 kcal/d, considerando como objetivo un aporte total de 25 kcal/kg/d y de 1.2 a 1.5 g/kg/d de proteína (Gustafsson et al., 2025).

El uso de inmunonutrimentos 5 a 7 días antes de la cirugía podría ser considerado en el CCR (Gustafsson et al., 2025). Este enfoque consiste en la suplementación de nutrimentos

específicos como arginina, ácidos grasos omega-3 y nucleótidos, que tienen el potencial de modular la respuesta inmunológica y reducir la inflamación. Lo anterior podría llevar a la reducción en los días de estancia intrahospitalaria, menor incidencia de infecciones en el sitio quirúrgico y disminución en la tasa de complicaciones (Zahorodnii et al., 2025).

La reducción de los periodos de ayuno, la carga prequirúrgica de hidratos de carbono y la alimentación temprana en el postoperatorio son aspectos importantes a ser considerados cuando se somete al paciente a una cirugía como es la resección de tumores malignos colorrectales (Guida et al., 2025). Aunado a lo anterior, el control de las náuseas y el vómito postoperatorio, el correcto manejo del dolor, la aplicación de protocolos anestésicos estandarizados y la restricción de líquidos intraoperatorios también contribuyen a disminuir el estrés quirúrgico y a modular las vías del hambre y la saciedad (Guida et al., 2025).

En conjunto, estas intervenciones perioperatorias pueden reducir la resistencia a la insulina y disminuir la necesidad de administrar insulina exógena, incluso en pacientes sometidos a cirugía colorrectal mayor que inician de forma temprana con nutrición enteral (Guida et al., 2025). Y todo lo anterior se traduce en menores tasas de morbilidad, una recuperación más rápida, disminución en los días de estancia intrahospitalaria y reducción de los costos derivados de la cirugía colorrectal (Gustafsson et al., 2025).

Por lo tanto, las recomendaciones actuales sugieren la reducción del ayuno preoperatorio, permitiendo la ingesta de sólidos hasta 6 horas antes de la cirugía y el consumo de líquidos claros hasta 2 horas previas a la aplicación de anestesia (Guida et al., 2025; Gustafsson et al., 2025). La carga prequirúrgica de hidratos de carbono en cirugía colorrectal electiva reduce la resistencia a la insulina postquirúrgica, pudiendo ser administrados 2 a 3 horas antes de la inducción anestésica (Gustafsson et al., 2025). La carga de hidratos de carbono tiene sus matices y debe evaluarse su beneficio en pacientes diabéticos debido al riesgo de hiperglucemia. Además, está contraindicada en pacientes con enfermedad por reflujo gastroesofágico o vaciamiento gástrico retardado, ya que podrían retardar aún más el vaciamiento gástrico y aumentar el riesgo de broncoaspiración (Guida et al., 2025).

El tratamiento de la anemia es otro punto esencial en los pacientes con CCR que serán sometidos a cirugía ya que la anemia afecta del 30 al 67 % de los pacientes sometidos a cirugía colorrectal y se relaciona con peor supervivencia global, así como menor supervivencia libre de enfermedad. En este sentido, se considera que el hierro intravenoso resulta la estrategia terapéutica más eficiente para corregir la deficiencia de este micronutrimento; sin embargo, también se puede hacer uso de la eritropoyetina (300 UI) para la corrección rápida de la anemia en un periodo de 10 días (Gustafsson et al., 2025).

Durante el periodo postquirúrgico se recomienda la reanudación de la alimentación dentro de las primeras 24 h, dando preferencia a la alimentación oral o enteral sobre la nutrición parenteral en pacientes con tracto gastrointestinal funcional (Gustafsson et al., 2025). El uso de suplementos nutricionales orales aumenta la ingesta de nutrimentos y promueven la recuperación del estrés quirúrgico. En pacientes desnutridos y cuando la alimentación oral no sea factible, se recomienda la administración de nutrición enteral o parenteral en las primeras 24 horas del evento quirúrgico, cubriendo los requerimientos de energía (25 kcal/kg/d) y proteína (1.5 g/kg/d) (Gustafsson et al., 2025).

El soporte nutricional especializado en pacientes desnutridos, frágiles y de edad avanzada, se recomienda durante los siete días posteriores a la cirugía. Esta intervención nutricional puede reducir la morbilidad, la mortalidad y la estancia hospitalaria (Gustafsson et al., 2025). En el caso de pacientes con desnutrición grave, estos deben continuar con suplementos nutricionales orales que les aporten al menos 500 kcal/d y actividad física tras el alta hospitalaria y por al menos 2 a 3 meses, para prevenir el desgaste muscular y la sarcopenia (Gustafsson et al., 2025).

La mejora del estado nutricional constituye un pilar fundamental del manejo perioperatorio del paciente con CCR, especialmente en aquellos con desnutrición (Gustafsson et al., 2025). Además, en pacientes que requieren tratamiento quimioterapéutico, el estado nutricional debe ser monitoreado estrechamente posterior al evento quirúrgico, con el fin de evitar complicaciones que comprometan la administración de la quimioterapia (Kim et al., 2019).

III. Hipótesis

Los pacientes con CCR presentan desnutrición previo al inicio de la quimioterapia, en comparación con los individuos sin enfermedad oncológica.

IV. Objetivos

4.1 Objetivo general

Evaluar el estado nutricional de pacientes con cáncer colorrectal previo al inicio de la quimioterapia.

4.2 Objetivos específicos

En pacientes con cáncer colorrectal:

- Analizar el estado nutricional por medio del uso de indicadores antropométricos, bioquímicos y dietéticos.
- Identificar la presencia de sarcopenia.

V. Materiales y Métodos

a. Población de estudio

Se incluyeron 14 pacientes con CCR reclutados posterior a la resección tumoral en el piso de cirugía del Hospital General de Querétaro (HGQ) y 14 controles sin enfermedad oncológica que fueron reclutados de la población en general. Los participantes sin cáncer fueron pareados con los pacientes con CCR de acuerdo con la edad. Para la selección de la población de estudio se consideraron los siguientes criterios:

Criterios de selección para pacientes con CCR

Criterios de inclusión

- Individuos con edad ≥ 20 años.
- Ambos sexos.
- Con diagnóstico de CCR.
- Firma de consentimiento informado.

Criterios de exclusión

- Pacientes en tratamiento quimioterapéutico.
- Síndrome de Lynch.
- Con afecciones cardiacas y/o marcapasos.
- Con terapia de reemplazo renal.
- Con deterioro cognitivo.

Criterios de selección para controles

Criterios de inclusión

- Individuos con edad ≥ 20 años.
- Ambos sexos.
- Firma de consentimiento informado.

Criterios de exclusión

- Con enfermedad oncológica.
- Con antecedentes personales de enfermedad oncológica.
- Con afecciones cardiacas y/o marcapasos.

- Con terapia de reemplazo renal.
- Con deterioro cognitivo.

El tamaño de muestra fue calculado estimando una prevalencia de desnutrición del 6 % en individuos adultos sin cáncer y del 50 % en pacientes con CCR, de acuerdo con la fórmula de para comparar proporciones (Casagrande et al., 1978) y se obtuvo un total de 13 participantes por grupo. Todos los participantes recibieron información oral y escrita acerca del estudio y firmaron el consentimiento informado (**Anexo 1**). El proyecto fue previamente aprobado por los comités de bioética de la Facultad de Ciencias Naturales, UAQ (no. registro 13174) y el HGQ de la Secretaría de Salud del Estado de Querétaro (no. registro 396/05-09-2022). Además, se siguieron las directrices éticas de la World Medical Association Declaration of Helsinki (World Medical Association, 2013) y la Ley General de Salud de México (Diario Oficial de la Federación, 1984).

b. Diseño del estudio

El presente es un estudio transversal comparativo. Tras la inclusión de los participantes en el estudio, se procedió a la aplicación de los siguientes cuestionarios: cuestionario socioeconómico, historia clínica, VGS-GP, frecuencia de alimentos y recordatorios de 24 h. Posteriormente se realizó la toma de peso y estatura y se evaluó la composición corporal por bioimpedancia eléctrica, en dónde se obtuvo: MLG, masa grasa (MG), masa muscular esquelética (MME) y AF. Además, se midió la FPM. Por último, se tomó una muestra de sangre en ayuno para la determinación de marcadores bioquímicos.

c. Metodología

Cuestionarios y tamizaje nutricional

Historia clínica

La historia clínica incluye datos generales relacionados con antecedentes heredofamiliares, antecedentes personales patológicos y no patológicos. Además, incorpora

información sobre el diagnóstico actual, tipo de cáncer, estadio, fecha de cirugía y presencia de estoma (**Anexo 2**).

VGS-GP

Se realizó la valoración nutricional mediante la VGS-GP (**Anexo 3**), la cual es una versión adaptada de la VGS y específica para pacientes con cáncer (Bauer et al., 2002). La VGS-GP está constituida por una sección que debe ser llenada por el paciente, en dónde se evalúan características de la historia médica como: cambios en el peso y en la ingesta dietética, síntomas nutricionales y gastrointestinales con ≥ 2 semanas de duración y cambios en la capacidad funcional. Además, incluye una examinación física que debe ser realizada por un profesional de la salud y que sirve para detectar pérdida de grasa subcutánea, desgaste muscular, edema en tobillo y región sacra y ascitis. Este tamizaje permite clasificar al paciente en una de tres categorías: bien nutrido, con sospecha de desnutrición o desnutrición moderada y desnutrición grave. Además, proporciona una guía sobre el tipo de intervención nutricional requerida basándose en el impacto de los síntomas sobre el estado nutricional (Bauer et al., 2002).

Nivel socioeconómico

Se realizó un estudio de nivel socioeconómico (NSE) por medio de del índice de niveles socioeconómicos de la Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI) (**Anexo 4**). Este índice agrupa y clasifica los hogares mexicanos en siete niveles dependiendo de su capacidad para satisfacer las necesidades de sus integrantes. Para la clasificación de los hogares de utilizó la "Regla de NSE 2022" (Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado, 2022).

Antropometría

Las medidas antropométricas fueron obtenidas de acuerdo con la metodología propuesta por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) y se registraron en su formato correspondiente (**Anexo 5**).

Peso

El peso se midió por medio de una báscula digital (SECA modelo 813, Hamburgo, Alemania) con una capacidad de 200 kg y una variación de 0.1 kg. De forma breve, se le solicitó al participante que se retirara chamarra, objetos de los bolsillos y zapatos. Posteriormente se le pidió que se colocara en bipedestación sobre la báscula y mantuviera una postura erecta con mirada al frente, brazos relajados y sin moverse (*Isak - The International Society for the Advancement of Kinanthropometry.*, n.d.).

Estatura

La estatura fue medida utilizando un estadímetro portátil (SECA modelo 213, Hamburgo, Alemania) con una altura de 205 cm y una precisión de 0.1 cm. El individuo se colocó de pie, erecto y descalzo sobre la base del estadímetro, se le pidió que mantuviera la vista al frente y las extremidades superiores relajadas. Se colocó la cabeza en el plano de Frankfort, esto es, creando una línea horizontal imaginaria desde el tragion hasta el orbitale. Se le pidió al participante que inhalara e inmediatamente se tomó la medida (*Isak - The International Society for the Advancement of Kinanthropometry.*, n.d.).

IMC

El IMC se calculó dividiendo el peso en kg entre la estatura en metros al cuadrado. Los adultos mayores, edad ≥ 60 años, fueron clasificados con desnutrición si tenían un IMC < 23 kg/m^2; normopeso con > 23 y < 28 kg/m^2; sobrepeso con > 28 y < 32 kg/m^2 y obesidad si el IMC era > 32 kg/m^2 (Torres Castañón et al., 2017).

Bioimpedancia eléctrica

La bioimpedancia permite la estimación de la composición corporal mediante una corriente alterna de muy bajo amperaje el cual es imperceptible (Kyle et al., 2004). La metodología consistió en la colocación de ocho electrodos, dos en cada mano y dos en cada pie en el paciente en posición supina, para lo cual se utilizó un equipo de bioimpedancia portátil multifrecuencia (SECA MBCA modelo 525, Hamburgo, Alemania). Dos de los

electrodos trasmiten la corriente alterna y los otros dos recogen la corriente, y lo anterior, permite obtener los valores de los indicadores: MLG, MG, MME y AF (Kyle et al., 2004). Los puntos de corte para los indicadores de MLG, MG y MME se encuentran en la **Tabla 2**. Las mediciones de BIA fueron registradas en su formato asignado (**Anexo 6**).

Tabla 2. Puntos de corte para la evaluación de la composición corporal.

Variable	Sexo	IMC (kg/m^2)	p5	p50	p95
IMLG (kg/m2)	Mujeres	<25	14.11	15.63	17.14
		≥25, <30	15.35	16.88	18.41
		≥30	16.39	18.48	20.57
	Hombres	<25	17.11	18.81	20.51
		≥25, <30	18.40	20.08	21.77
		≥30	20.05	22.09	24.12
IMG (kg/m2)	Mujeres	<25	4.27	6.55	8.84
		≥25, <30	8.09	10.30	12.50
		≥30	10.68	15.04	19.41
	Hombres	<25	2.21	4.23	6.24
		≥25, <30	4.97	7.08	9.19
		≥30	7.52	10.79	14.06
MME (kg/m^2)	Mujeres	<25	6.29	7.11	8.11
		≥25, <30	7.02	7.89	8.93
		≥30	7.70	8.82	10.18
	Hombres	<25	8.38	9.20	10.19
		≥25, <30	9.10	9.97	11.02
		≥30	9.99	11.06	12.35

IMC: índice de masa corporal; IMG: índice de masa grasa; IMLG: índice de masa libre de grasa; MME: masa muscular esquelética; p: percentil.
Adaptado de (Peine et al., 2013).

Dinamometría

La función muscular se evaluó en la mano dominante con un dinamómetro manual Takei T.K.K.5401 GRIP-D (Takei Scientific Instruments Co., Ltd., Tokyo, Japón), con

capacidad máxima de 100 kg; este equipo permite medir la FPM. Se solicitó al paciente colocarse de pie, sosteniendo el dinamómetro con la mano dominante; posteriormente, elevó el brazo hasta la altura del hombro, realizó la presión con su fuerza máxima y se registró la medición (Bravi et al., 2023). La tabla con los valores de referencia para la evaluación de este indicador se encuentra en el **Anexo 9**. Para el diagnóstico de fuerza baja se consideró un valor por debajo del percentil 20 de acuerdo con la edad y el sexo del individuo (Tomkinson et al., 2024).

Evaluación bioquímica

Se realizó una biometría hemática completa con el analizador hematológico (Sysmex XP-300, Kobe, Japón), con lo cual se obtuvieron valores de hemoglobina, hematocrito, plaquetas y recuento total de linfocitos. Adicionalmente, se evaluó la química sanguínea mediante un analizador automático de química clínica (Spin 120, Spinreact, Girona, España), que brindó valores de glucosa, urea, nitrógeno ureico en sangre (BUN), creatinina, triglicéridos, colesterol total, proteínas totales y albúmina.

Evaluación de la dieta

Se recolectaron tres recordatorios de 24 h en días aleatorios no consecutivos (**Anexo 7**). Los recordatorios fueron aplicados con un intervalo de 4 a 5 días obteniendo dos cuestionarios de días entre semana y uno de fin de semana (Bailey, 2021). Se recabó información relacionada con la preparación de alimentos y el tamaño de las porciones. Se utilizaron las Tablas de uso práctico del valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México para calcular el consumo de energía y macronutrimentos (Chávez Villasana et al., 2014).

d. Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva (porcentajes, medias e intervalo de confianza) para expresar los resultados de las variables analizadas. El análisis de normalidad fue evaluado por medio de la prueba de Shapiro – Wilk. Se realizó un análisis de covarianza para las variables cuantitativas, ajustando los indicadores antropométricos por edad y los parámetros

bioquímicos por edad y nivel socioeconómico. La comparación entre la ingesta y los requerimientos nutricionales dentro de cada grupo se analizó por medio de la prueba t-student pareada; por su parte, para la comparación de la ingesta y requerimientos dietéticos entre grupos se usó la prueba t-student para muestras independientes. Se consideró un nivel de significancia de $p < 0.05$. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 31 (IBM Corp., Armank, NY, EUA). Para la elaboración de las figuras se utilizó GraphPad Prism versión 10.5.0 (GraphPad Software, CA, EUA).

VI. Resultados

6.1 Características sociodemográficas y clínicas de la población

La población de estudio estuvo conformada por 14 individuos sin enfermedad oncológica y 14 pacientes con CCR. Dentro de cada grupo, el 50 % de la población estuvo conformada por hombres (**Tabla 3**) y la media de edad fue de 60 años en el grupo control y 59.6 años en el grupo con CCR (p = 0.930). El adenocarcinoma de colon fue el diagnóstico más frecuente, seguido del adenocarcinoma de recto. El 58.3 % de la población con CCR se encontraba en estadios tardíos de la enfermedad. Además, todos los pacientes habían sido intervenidos quirúrgicamente y ninguno había recibido tratamiento quimioterapéutico al momento del estudio. Como parte de la intervención quirúrgica, el 64.3 % de la población presentó un estoma.

Dentro de las características sociodemográficas (**Tabla 3**) el total del grupo control pertenecía al estado de Querétaro; mientras que, en el grupo de CCR el 78.7 % de los pacientes eran queretanos y el resto provenía de estados como Guanajuato, San Luis Potosí y Oaxaca. En el ámbito educativo, la mayoría de los controles contaba con carrera técnica, seguido de estudios a nivel bachillerato y licenciatura. Por su parte, la mayoría de los pacientes con CCR tenían estudios terminados de primaria y preparatoria. Por último, dentro de ambos grupos la mayoría de los individuos se dedicaba a labores del hogar.

Tabla 3. Características generales de la población con CCR y controles sin cáncer.

Indicadores	**Control (n= 14)**	**CCR (n= 14)**
Edad ($\bar{x} \pm$ DE)	60.0 ± 13.0	59.6 ± 14.7
Sexo		
Masculino	50 %	50 %
Femenino	50 %	50 %
Tipo de cancer		
Adenocarcinoma de colon	-	57.1 %
Adenocarcinoma de recto	-	35.8 %
Adenocarcinoma de ciego	-	7.1 %
Estadio		
I – II	-	41.7 %
III - IV	-	58.3 %
Procedencia		
Querétaro	100 %	78.7 %
Guanajuato	-	7.1 %

San Luis Potosí	-	7.1 %
Oaxaca	-	7.1 %
Escolaridad		
Nula	-	7.1 %
Primaria trunca	-	7.1 %
Primaria	14.3 %	42.9 %
Secundaria	-	7.1 %
Preparatoria	21.4 %	28.7 %
Carrera técnica	28.6 %	-
Licenciatura	21.4 %	7.1 %
Posgrado	14.3 %	-
Ocupación		
Desempleado	-	21.4 %
Hogar	28.7 %	42.9 %
Agricultura	-	21.4 %
Oficios	7.1 %	14.3 %
Administrativo	21.4 %	-
Comerciante	7.1 %	-
Docente	14.3 %	-
Pensionado	21.4 %	-

En cuanto al nivel socioeconómico (**Figura 10**), una alta proporción de los controles pertenecían al estrato alto. Por su parte, la mayoría de los pacientes con CCR se ubicaban en el estrato socioeconómico medio. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas (p = 0.165) entre los grupos estudiados.

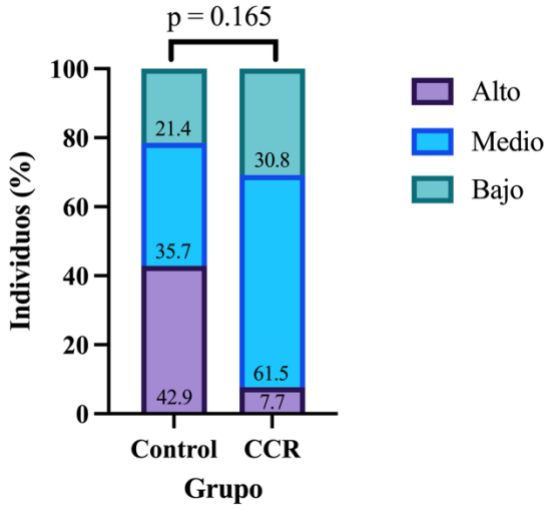


Figura 10. Nivel socioeconómico en pacientes con CCR y controles.

6.2 Evaluación del estado nutricional mediante VGS-GP y parámetros de composición corporal y función muscular

Para la evaluación nutricional, se aplicó la VGS-GP como primer paso, observando que la mayoría de los controles se encontraban bien nutridos (**Figura 11**). En contraste, una elevada proporción de los pacientes con CCR presentaban desnutrición moderada.

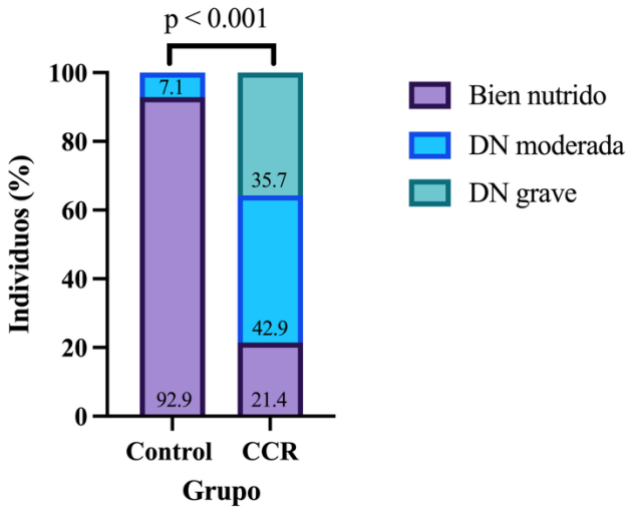


Figura 11. Valoración global subjetiva generada por el paciente en población de estudio. DN: desnutrición.

En ambos grupos la media del IMC se ubicó en el rango de sobrepeso (p = 0.792) (**Tabla 4**); de acuerdo con este indicador, la proporción de individuos con desnutrición fue más alta en el grupo con CCR. Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos al evaluar la composición corporal mediante IMG (p = 0.747), IMLG (p = 0.947) y MME (p = 0.249). Adicionalmente, la mayoría de los pacientes con CCR tenían un AF por debajo del valor recomendado, en comparación con los controles (p < 0.001). Además, se evidenció una FPM baja en el grupo de CCR (p = 0.018).

Tabla 4. Comparación de parámetros de composición corporal y estado funcional en controles y pacientes con CCR.

Indicadores	**Control** **Media (IC 95%) o %(n)**	**CCR** **Media (IC 95%) o %(n)**	**p***
IMC (kg/m^2)	25.9 (23.8 – 28.1)	25.6 (23.4 – 27.7)	.792
Desnutrición	14.3 (2)	21.4 (3)	
Normopeso	57.1 (8)	42.9 (6)	

Sobrepeso/Obesidad	28.6 (4)	35.7 (5)	
IMG (kg/m^2)	8.7 (6.4 – 11.0)	9.3 (6.6 – 12.0)	.747
Bajo	-	10 (1)	
Adecuado	78.6 (11)	60 (6)	
Alto	21.4 (3)	30 (3)	
IMLG (kg/m^2)	17.3 (16.1 – 18.6)	17.3 (15.8 – 18.8)	.947
Bajo	28.6 (4)	30 (3)	
Adecuado	71.4 (10)	70 (7)	
MME (kg/m^2)	8.0 (7.2 – 8.9)	7.3 (6.3 – 8.3)	.249
Baja	50 (7)	70 (7)	
Adecuada	50 (7)	30 (3)	
AF (°)	6.0 (5.5 – 6.5)	4.7 (4.1 – 5.2)	< .001
Bajo	28.6 (4)	75 (9)	
Adecuado	71.4 (10)	25 (3)	
FPM (kg/m^2)	10.8 (9.7 – 11.9)	8.9 (7.7 – 10.0)	.018
Baja	15.4 (2)	66.7 (8)	
Adecuada	84.6 (11)	33.3 (4)	

AF: ángulo de fase; FPM: fuerza de prensión manual; IMC: índice de masa corporal; IMG: índice de masa grasa; IMLG: índice de masa libre de grasa; MME: masa muscular esquelética.
*Análisis de covarianza ajustado por edad.
Adaptada de (Méndez-Rojas et al., 2024).

En la **Figura 12,** se evalúa la presencia de sarcopenia en los grupos de estudio, encontrando que el 50 % de los pacientes con CCR cursaban con sarcopenia, cifra 6.5 veces mayor a lo encontrado en el grupo control.

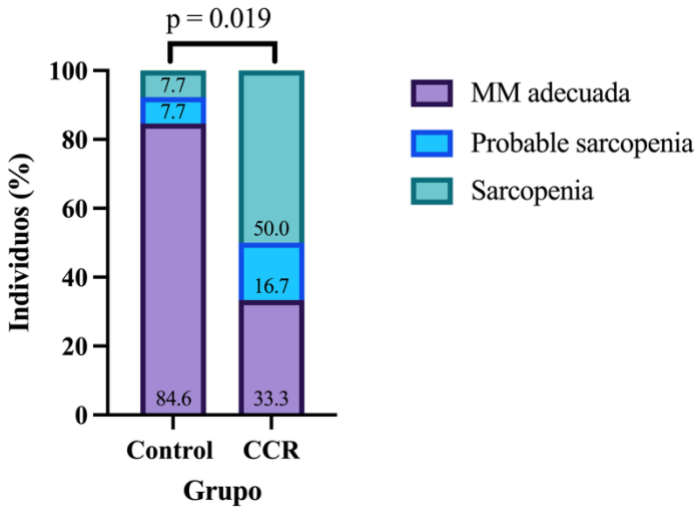


Figura 12. Presencia de sarcopenia entre los grupos de estudio. MM: masa muscular.

6.3 Análisis de marcadores bioquímicos en pacientes con CCR y controles sin cáncer

A su vez, se realizó el análisis de marcadores bioquímicos relacionados con el estado nutricional (**Tabla 5**). Se observó que más del 50 % de la población con cáncer presentaba anemia en comparación con el grupo control donde no hubo casos ($p< 0.001$). Asimismo, los pacientes del grupo de CCR presentaron concentraciones significativamente menores de hematocrito ($p < 0.001$), colesterol total ($p = 0.006$), proteínas totales ($p < 0.001$), albúmina ($p < 0.001$) y conteo total de linfocitos bajo ($p < 0.001$).

Tabla 5. Marcadores bioquímicos del estado nutricional en la población con CCR y controles.

Marcadores bioquímicos	**Control** **Media (IC 95%) o %(n)**	**CCR** **Media (IC 95%) o %(n)**	**p***
Hemoglobina (g/dL)	14.6 (13.9 – 15.4)	12.3 (11.5 – 13.1)	<.001
Anemia	-	57.1 (8)	
Adecuada	100 (14)	42.9 (6)	
Hematocrito (%)	42.9 (40.7 – 45.1)	36.3 (34.0 – 38.6)	<.001
Bajo	14.3 (2)	78.6 (11)	
Adecuado	85.7 (12)	21.4 (3)	
Plaquetas (10^3/mm^3)	260.2 (196.2 – 324.2)	311.1 (247.0 – 375.1)	.264
Bajo	-	7.1 (1)	
Adecuado	92.3 (12)	78.6 (11)	
Alto	7.7 (1)	14.3 (2)	
Conteo total de linfocitos (mm^3)	6.1 (4.9 – 7.2)	10.7 (9.5 – 11.9)	<.001
Adecuado	35.7 (5)	14.3 (2)	
Depleción leve	57.1 (8)	50 (7)	
Depleción moderada/grave	7.1 (1)	35.7 (5)	
Glucosa (mg/dL)	104.6 (95.2 – 114.1)	100.3 (90.5 – 110.1)	.522
Hipoglucemia	-	7.1 (1)	
Normoglucemia	42.9 (6)	42.9 (6)	
Hiperglucemia	57.1 (8)	50 (7)	
Urea (mg/dL)	29.4 (22.8 – 35.9)	26.5 (19.7 – 33.3)	.545
Baja	7.1 (1)	21.4 (3)	
Adecuada	85.8 (12)	71.4 (10)	
Alta	7.1 (1)	7.2 (1)	
BUN (mg/dL)	13.6 (10.5 – 16.7)	12.4 (9.1 – 15.6)	.567
Bajo	-	7.1 (1)	
Adecuado	92.9 (13)	78.6 (11)	
Alto	7.1 (1)	14.3 (2)	
Creatinina (mg/dL)	0.9 (0.8 – 1.1)	0.8 (0.6 – 0.9)	.105
Adecuada	100 (14)	85.7 (12)	
Alta	-	14.3 (2)	
Colesterol total (mg/dL)	180.3 (157.5 – 202.9)	127.3 (101.4 – 153.2)	.006
Bajo	21.4 (3)	83.4 (10)	

Adecuado	50 (7)	8.3 (1)	
Alto	28.6 (4)	8.3 (1)	
Triglicéridos (mg/dL)	115.6 (83.8 – 147.5)	106.1 (69.9 – 142.4)	.697
Bajos	-	25 (3)	
Adecuados	71.4 (10)	58.3 (7)	
Altos	28.6 (4)	16.7 (2)	
Proteínas totales (g/dL)	6.7 (6.3 – 7.1)	4.9 (4.4 – 5.6)	<.001
Bajas	7.1 (1)	11.1 (1)	
Adecuadas	92.9 (13)	88.9 (8)	
Albúmina (g/dL)	4.2 (3.9 – 4.4)	2.6 (2.3 – 2.9)	<.001
Adecuada	100 (14)	11.1 (1)	
Hipoalbuminemia leve	-	11.1 (1)	
Hipoalbuminemia moderada/grave	-	77.8 (7)	

Valores de referencia: hemoglobina: 12 g/dL (♀), 13 g/dL (♂) (López-Santiago, 2016); hematocrito: 37 a 47 % (♀), 42 a 52 % (♂)) (López-Santiago, 2016); Plaquetas: 150 a 450 x 10^3/mm^3) (López-Santiago, 2016); conteo total de linfocitos: adecuado > 2000 células/ mm^3;, depleción leve 1200 a 2000 células/ mm^3, depleción moderada a grave < 1200 células/ mm^3 (Leandro-Merhi et al., 2017); glucosa: < 100 mg/dL (Olay Fuentes et al., 2013); urea:14.9 a 40 mg/dL (Olay Fuentes et al., 2013); nitrógeno ureico en sangre (BUN): 6 a 20 mg/dL (Olay Fuentes et al., 2013); creatinina: 0.6 a 1.1 mg/dL (Olay Fuentes et al., 2013); colesterol total < 200 mg/dL(Arrobas Velilla et al., 2023); hipocolesterolemia < 160 mg/dL (Z. Zhang et al., 2017); triglicéridos: 50 a 150 mg/dL (Z. Zhang et al., 2017); proteínas totales: ≥ 6 g/dL (Z. Zhang et al., 2017); albúmina: adecuada > 3.5 g/dL, depleción leve: 3 a 3.4 g/dL; depleción moderada/grave: < 3 g/dL (López Sánchez et al., 2005).
*Análisis de covarianza ajustado por nivel socioeconómico y edad.
Adaptada de (Méndez-Rojas et al., 2024).

6.4 Evaluación dietética en pacientes con CCR e individuos sin cáncer

Se realizó el análisis de la ingesta dietética de los participantes en contraste con sus requerimientos nutrimentales (**Tabla 6**). Encontrando que, los pacientes con CCR tenían un consumo deficiente de proteína (p = 0.014) con respecto a sus requerimientos.

Tabla 6. Evaluación de ingesta y requerimientos dietéticos en pacientes con CCR y población control.

Indicador	**Control**	**CCR**	**p***
Ingesta energética (kcal/kg)	26.9 (18.6 – 35.4)	23.8 (15.9 – 31.6)	.547
Req. energéticos (kcal/kg)	27.2 (23.1 – 31.3)	28.9 (26.3 – 31.5)	.445
p**	.947	.191	
Ingesta proteínica (g/kg)	1.1 (0.7 – 1-5)	0.9 (0.6 – 1.2)	.401
Req. proteínicos (g/kg)	1.2 (1.0 – 1.4)	1.3 (1.2 – 1.5)	.375
p**	.425	.014	
Ingesta de HC (g/kg)	3.3 (2.3 – 4.3)	3.3 (2.2 – 4.3)	.972
Req. de HC (g/kg)	3.7 (3.0 – 4.3)	3.9 (3.5 – 4.3)	.568
p**	.273	.257	

Ingesta de lípidos (g/kg)	1.1 (0.7 – 1.6)	0.8 (0.5-1.2)	.255
Req. lipídicos (g/kg)	0.8 (0.7 – 1.0)	0.9 (0.8 – 1.0)	.401
p**	.144	.614	

HC: hidrato de carbono, Req: requerimiento. Valores de referencia: energía: pacientes con cáncer 25 a 30 kcal/kg (Muscaritoli et al., 2021), adultos sanos (< 65 años) 25 kcal/kg (Thibault et al., 2021), adultos mayores (> 65 años) 30 kcal/kg (Volkert et al., 2022); proteína: pacientes con cáncer 1.0 a 1.5 g/kg (Muscaritoli et al., 2021), adultos sanos (< 65 años) 0.8 a 1.0 g/kg (Thibault et al., 2021), adultos mayores (> 65 años) 1.0 a 1.2 g/kg (Volkert et al., 2022).
*Prueba t-student para variables independientes.
**Prueba t-student pareada.

Al evaluar la ingesta de ácidos grasos (AG) (**Figura 13**) se observó que en general, una alta proporción de los participantes tenía un consumo adecuado de AG saturados de acuerdo con los valores de referencia. Mientras que, el aporte dietético de AG mono y poliinsaturados era deficiente en más del 70 % de la población con CCR. A su vez, se observaron diferencias estadísticas entre grupos al comparar la ingesta de AG monoinsaturados (p = 0.024) y poliinsaturados (p = 0.005).

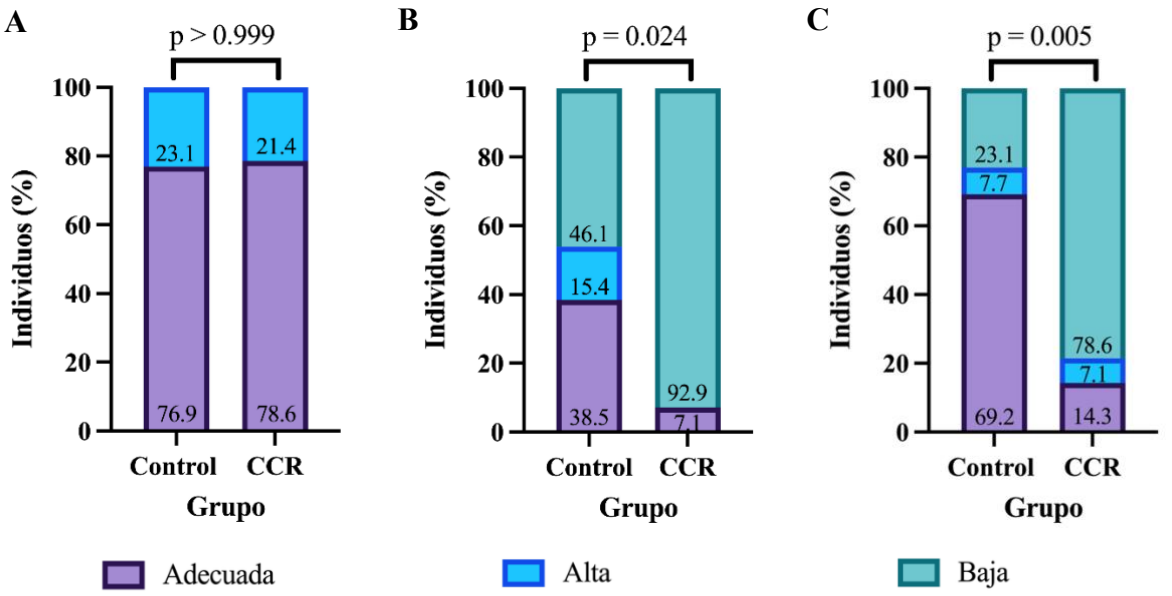


Figura 13. Ingesta de AG (A) saturados, (B) monoinsaturados y (C) poliinsaturados en pacientes con CCR y controles. AG: ácido graso. Valores de referencia: AG saturados < 10 % de la ingesta energética total; AG monoinsaturados 15 a 20 % de la ingesta energética total; AG poliinsaturados: 6 a 10 % de la ingesta energética total (Cancer Minchot & Moreno Borreguero, 2020).

Finalmente, se determinó la ingesta de fibra dietética en la población de estudio (**Figura 14**) y se observó que más del 90 % de los participantes en ambos grupos ($p > 0.999$) tenían una ingesta de fibra por debajo de los 25 g/día recomendados por la OMS (WHO, 2023).

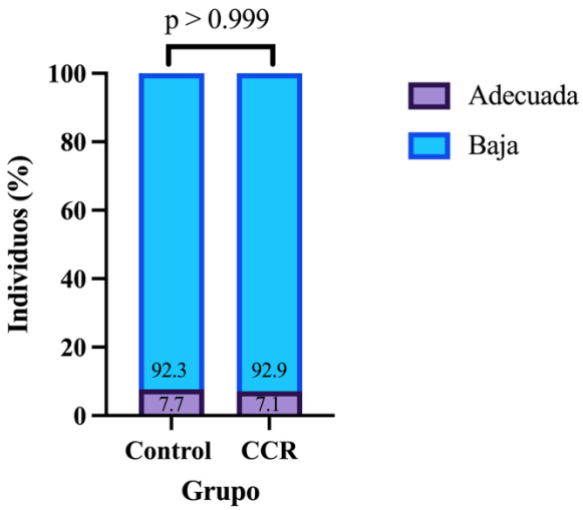


Figura 14. Ingesta de fibra dietética en pacientes con CCR y población control.

VII. Discusión

En este estudio, los pacientes con CCR presentaban desnutrición aun antes de comenzar con el tratamiento quimioterapéutico, esto de acuerdo con la VGS-GP, el AF, FPM y los indicadores bioquímicos. Aunado a lo anterior, se observó una baja ingesta proteínica.

7.1 Características clínicas de la población

Es importante mencionar que, la mayoría de los pacientes incluidos en este estudio se encontraban en estadios tardíos de la enfermedad, lo que coincide con lo reportado por la literatura, en dónde se menciona que cerca del 60 al 70 % de los individuos con CCR son diagnosticados en estadios avanzados (Agrawal et al., 2025). Las consecuencias del diagnóstico tardío son graves, ya que los resultados clínicos se ven comprometidos al existir mayores probabilidades de retrasos en el tratamiento y un aumento de los efectos adversos sobre la salud, lo que impacta la supervivencia (Agrawal et al., 2025).

7.2 VGS-GP y parámetros de composición corporal y función muscular

La alta prevalencia de desnutrición, evidenciada por medio de la VGS-GP en aproximadamente el 80 % del grupo con CCR, contrasta de forma significativa con el 7 % observado en el grupo control. Estos hallazgos son mayores a los reportados por Souza et al. (2021), quienes encontraron que 31.2 % de los pacientes con CCR fueron identificados con afectación del estado nutricional de acuerdo con la VGS-GP; sin embargo, la población estudiada por estos investigadores corresponde a pacientes en diferentes fases del tratamiento oncológico, mientras que nuestra población de estudio fue evaluada dentro de la primera semana posterior a la cirugía. Además, el 58.3 % de nuestra población se encontraba cursando estadios avanzados de la enfermedad; en este sentido, se ha observado que el diagnóstico de cáncer en estadios tardíos se relaciona con una mayor ocurrencia de desnutrición en los pacientes (Muscaritoli et al., 2021).

El 35.7 % de los pacientes con CCR presentaban sobrepeso u obesidad, según el IMC. Este hallazgo es consistente con estudios previos en donde la prevalencia de obesidad va del 41 % (Gillis et al., 2021) al 62 % (Souza et al., 2021) en pacientes con CCR. Como señalan

Arends et al. (2023), la obesidad es una condición altamente prevalente en pacientes con distintos tipos de cáncer, como el CCR. Por otra parte, solo se diagnosticaron 21.4 % de los pacientes con desnutrición al usar el IMC como indicador. Gillis et al. (2021) observaron que, basado en el IMC, solo el 2 % de los pacientes con tumores malignos colorrectales fueron diagnosticados con desnutrición. Por lo tanto, considerando que el IMC no evalúa la composición corporal de los individuos, su utilidad para el diagnóstico de desnutrición en oncología es limitada; por ello, se han propuesto otros métodos de evaluación más precisos como la BIA, el AF y la FPM (Arends et al., 2023; X. Zhang et al., 2022).

Al valorar la composición corporal no se encontraron diferencias significativas entre el grupo de CCR y el grupo control. De acuerdo con el IMG, el 30 % de los pacientes presentó exceso de grasa corporal. En este contexto, no se encontraron estudios que evaluaran la presencia de obesidad en pacientes postquirúrgicos con CCR mediante el IMG o el porcentaje de masa grasa. En contraste, la mayoría de las investigaciones utilizaron el IMC como criterio diagnóstico de obesidad (Burden et al., 2010; Gillis et al., 2021; Karin et al., 2020; Souza et al., 2021). El diagnóstico de la obesidad resulta esencial ya que esta incrementa el riesgo de complicaciones postquirúrgicas en pacientes con CCR, poniendo en riesgo su recuperación (López-Rodríguez-Arias et al., 2021).

En cuanto al IMLG y la MME, ambos grupos tuvieron valores bajos. Sin embargo, la FPM se encontró baja en la mayoría de los pacientes con CCR, lo que a su vez llevó a que la mitad de la población de este grupo fuera diagnosticada con sarcopenia. De forma similar, Balderas-Peña et al. (2020) encontraron que el 75 % de las mujeres y el 50 % de los hombres con CCR presentaban dinapenia; no obstante, este grupo de investigadores no incluyó la evaluación de sarcopenia dentro de su estudio. Por su parte, Pędziwiatr et al. (2016) evidenciaron que el 27.4 % de los pacientes presentaban sarcopenia al momento del diagnóstico de CCR. Previamente se ha observado que la prevalencia de sarcopenia en pacientes con tumores malignos de colon y recto va del 12 al 71 % de los casos y que esta enfermedad se encuentra asociada a la anorexia, los cambios metabólicos, la disfunción digestiva, la malabsorción y la respuesta inflamatoria sistémica (Cruz-Jentoft et al., 2019; Wang et al., 2025).

En los controles los casos de sarcopenia fueron escasos, pudiendo estar relacionados con la edad de los individuos evaluados; ya que se ha observado que la FPM disminuye a partir de la quinta década de vida. En este contexto, la prevalencia de sarcopenia en adultos de 60 a 70 años va del 5 al 13 % y en adultos ≥ 80 años la prevalencia va del 11 al 50 % (Dodds et al., 2014; Wang et al., 2025). La sarcopenia en ambos grupos, incrementa el riesgo de caídas y afecta la calidad de vida. Además, en el paciente oncológico, representa un alto riesgo de toxicidad secundario al tratamiento antineoplásico (Feliciano et al., 2017).

Hasta donde sabemos, no existen puntos de corte establecidos para el diagnóstico de desnutrición con AF en pacientes con CCR. Souza et al. (2021) observaron que el AF era útil como predictor de alteraciones musculares en CCR. Ellos encontraron que el AF tenía buena precisión diagnóstica para detectar baja función y masa del músculo esquelético. El AF bajo indica daño a nivel de la membrana celular, alteraciones en la composición y función muscular y muerte celular (Arab et al., 2021). Adicionalmente, un valor bajo en el AF en pacientes con cáncer avanzado se ha asociado con disminución en la supervivencia al ajustar por tipo de cáncer, pérdida de peso y marcadores inflamatorios (Hui et al., 2017). De acuerdo con Gupta et al. (2004), un AF ≤ 5.57 ° en paciente con CCR, equivale a una supervivencia media de 8.6 meses; mientras que, en aquellos con AF > 5.57 ° la media de supervivencia es hasta 4.7 veces mayor.

Barao et al. (2017) observaron que el AF > 5 ° en pacientes adultos mayores con CCR, se relacionó con una disminución en el riesgo de mortalidad. En este estudio, 75 % del grupo de CCR tuvo un AF por debajo del valor establecido para la enfermedad, evidenciando daño a nivel de la membrana y muerte celular. Un AF bajo es, por lo tanto, un indicador de daño muscular, menor estado funcional, disminución en la calidad de vida y aumento en las infecciones postquirúrgicas, complicaciones que a su vez contribuyen con un incremento en los días de hospitalización, la morbilidad y baja tasa de supervivencia (Arab et al., 2021; Norman et al., 2010; Pena et al., 2019).

Por lo anterior, el AF podría ser considerado como un indicador importante del estado nutricional en pacientes oncológicos, ya que es más sensible que el IMC (de Almeida et al.,

2021; Zhang et al., 2022). Además, la medición del AF destaca por ser un método práctico y mínimamente invasivo que permite identificar a pacientes en riesgo y monitorear su evolución a lo largo del tratamiento nutricional. Se requieren más estudios para determinar puntos de corte del AF para el diagnóstico de desnutrición. Asimismo, considerando que estos resultados se obtuvieron antes del inicio de la quimioterapia, es fundamental implementar la intervención nutricional desde el momento del diagnóstico oncológico, tal y como lo indican las guías correspondientes (Muscaritoli et al., 2021).

7.3 Marcadores bioquímicos relacionados con el estado nutricional

La prevalencia de anemia fue alta entre los participantes del grupo con CCR. De forma similar, Ristescu et al. (2019) evidenciaron la presencia de anemia en 82.3 % de los pacientes con CCR posterior al evento quirúrgico. La ocurrencia de anemia es común en este tipo de cáncer, ya que ocurre secundario a sangrado gastrointestinal y a las características propias del tumor (Holtedahl et al., 2021). La presencia de anemia en la población con CCR eleva el riesgo de complicaciones y mortalidad durante el periodo postquirúrgico e incrementa el riesgo de recaídas, lo que significa que su resolución es vital desde el momento que se da el diagnóstico (Ristescu et al., 2019).

El conteo total de linfocitos en sangre es utilizado como un biomarcador del estado nutricional y como factor pronóstico en diversas condiciones clínicas, como el cáncer. Por lo anterior, una disminución en el conteo total de linfocitos debe ser considerado como un factor de riesgo en oncología (Tojek et al., 2020). En este estudio, 85.7 % de los pacientes con CCR tenían un conteo total de linfocitos bajo. De acuerdo con un estudio previo en pacientes hospitalizados con enfermedad cardiovascular y diferentes tipos de cáncer, un conteo total de linfocitos bajo podría indicar un mayor riesgo de complicaciones relacionadas con el estado nutricional (Tojek et al., 2020).

En el caso de los pacientes con CCR, la prevalencia de hipoalbuminemia fue alta. La albúmina plasmática permite evaluar la inflamación subyacente y, dado que la inflamación se asocia con un aumento en el metabolismo basal, puede considerarse un indicador del riesgo nutricional (Evans et al., 2021). Aunado a lo anterior, un metaanálisis realizado por Zhang et

al. (2017) evidenció que los biomarcadores sanguíneos como la hemoglobina, el colesterol y las proteínas totales son indicadores bioquímicos útiles del estado nutricional aún en presencia de inflamación.

Por tanto, el análisis de diferentes biomarcadores sanguíneos relacionados con el estado nutricional incrementa la especificidad y sensibilidad al establecer el diagnóstico nutricio (Zhang et al., 2017).

7.4 Ingesta nutrimental

Los pacientes con CCR tuvieron un consumo de proteína dietética por debajo de sus requerimientos, lo que podría relacionarse con la desnutrición proteínica observada en esta población y que además se encuentra evidenciada por la pérdida de la cantidad y función de la MME. Ford et al. (2024) reportaron que el 30 % de los pacientes con CCR tenían una ingesta proteínica por debajo del mínimo recomendado, lo que se traduce en un consumo de proteína menor a 1 g/kg/d. La pérdida de músculo en la población oncológica incrementa el riesgo de infecciones, se relaciona con interrupción del tratamiento oncológico y prolonga los días de estancia hospitalaria (Ravasco et al., 2012). Por lo tanto, la intervención nutricional oportuna es clave en el éxito del tratamiento médico para estos pacientes.

El consumo de grasas saturadas observado en nuestro estudio se encontró dentro de los valores de referencia para la mayoría de los participantes en ambos grupos. A su vez, una alta proporción de pacientes con CCR presentaban una ingesta baja de AG mono y poliinsaturados. En este contexto, la evidencia sobre el papel de los AG saturados en el desarrollo y la progresión del CCR continúa siendo controvertida, ya que algunos estudios sugieren que su consumo en altas cantidades incrementa el riesgo para el desarrollo de esta neoplasia (Chun et al., 2015; Su et al., 2026); mientras que otros reportan la ausencia de asociación entre ambas variables (Jiang et al., 2025; M. Kim & Park, 2018). A su vez, Tu et al. (2022) observaron que los AG poliinsaturados podrían brindar un factor protector contra el desarrollo de CCR. Sin embargo, Kim & Park. (2018) refieren que no existe relación entre el consumo de AG mono y poliinsaturados y el desarrollo de CCR. Dada la controversia

existente entre el consumo de AG y el CCR, son necesarios más estudios que ayuden a esclarecer la relación entre ambas variables.

Dentro de la evaluación nutricional también se evidenció una baja ingesta de fibra dietética en más del 90 % de la población estudiada dentro de ambos grupos. Estos resultados concuerdan con lo observado por Song et al. (2018), en donde el 91 % de los pacientes con CCR tenían un consumo de fibra por debajo de los valores de referencia; además, este grupo de investigadores encontró que una mayor ingesta de fibra posterior al diagnóstico de CCR no metastásico se asociaba con menor mortalidad. El consumo de fibra dietética es fundamental debido al impacto que tiene sobre la salud intestinal al proteger la barrera del intestino, regular la función inmunológica y mitigar las respuestas inflamatorias, por lo cual, se ha asociado con una disminución del riesgo para el desarrollo de CCR (Chan et al., 2025; Ji et al., 2025). A su vez, la fibra dietética interactúa de forma activa con los nutrimentos, favorece su absorción, genera metabolitos beneficiosos y estimula el crecimiento de vellosidades intestinales, lo que se traduce en una mejora global del estado nutricional (Ji et al., 2025).

7.5 Limitantes y fortalezas del estudio

Este estudio posee algunas limitaciones. Primero, el tamaño de muestra es pequeño y dadas las condiciones de algunos pacientes, no fue posible realizar la evaluación antropométrica, de composición corporal y dietética en todos los individuos. Aun así, se observaron diferencias estadísticamente significativas en muchas de las variables de estudio y fue posible demostrar que los pacientes con CCR ya presentan un estado nutricional deteriorado aun antes de comenzar con el tratamiento quimioterapéutico. Lo anterior, permitirá establecer recomendaciones específicas para el tratamiento nutricional.

Hasta donde sabemos, este es el primer estudio en pacientes con CCR en el que se ha evaluado el AF como indicador del estado nutricional, junto con parámetros antropométricos, de composición corporal, bioquímicos y dietéticos, antes del inicio del tratamiento quimioterapéutico.

VIII. Conclusiones

Comparado con el grupo control, la proporción de desnutrición fue mayor en los pacientes con CCR. En su conjunto, la VGS-GP, el AF, la FPM y los indicadores bioquímicos y dietéticos permitieron la detección de una alta proporción de casos de desnutrición en comparación con el uso individual del IMC. Este estudio demostró que los pacientes con CCR presentan desnutrición desde etapas tempranas del manejo oncológico, incluso antes del inicio de la quimioterapia, lo que podría afectar la tolerancia al tratamiento y comprometer los desenlaces clínicos. Por lo tanto, realizar una evaluación nutricional integral desde el momento del diagnóstico, es crucial para la evolución clínica de estos pacientes.

Capítulo II.

Bacterioma intestinal y estado nutricional en tres grupos independientes de mujeres con cáncer de mama: antes, durante y posterior al tratamiento oncológico.

Resumen

Introducción: El cáncer de mama es una neoplasia maligna con alta incidencia y mortalidad en México. El proceso oncológico y los tratamientos representan un riesgo nutricional que puede persistir durante la remisión. Asimismo, pueden alterar el bacterioma intestinal, lo que podría tener relación con el estado nutricional.

Métodos: Estudio transversal comparativo que incluyó 66 pacientes con cáncer de mama, divididas en tres grupos: pre-quimioterapia (n = 21), quimioterapia (n = 24) y remisión (n = 21), además de 33 controles sin cáncer. Se evaluó el estado nutricional mediante la VGS-GP/VGS, indicadores antropométricos, dietéticos, AF y FPM. Se analizó el bacterioma intestinal en muestras fecales mediante diversidad α y β y abundancia relativa de géneros. Se usó la prueba Shapiro-Wilk para evaluar normalidad. Se realizó un análisis univariado para las variables cuantitativas, ajustando composición corporal y función muscular por nivel socioeconómico. Se usó la prueba t-student pareada para la comparación de la ingesta y requerimientos nutricionales y ANOVA de una vía para la comparación entre grupos. Para el bacterioma intestinal se aplicó la prueba Kruskal-Wallis y post hoc de Dunn.

Resultados: Más del 50 % de las pacientes de los grupos pre-quimioterapia y quimioterapia presentaban desnutrición de acuerdo con la VGS-GP. El AF y la FPM fueron significativamente menores en el grupo remisión respecto a los controles. El 68.2 % de las pacientes en remisión presentaban FPM baja y 63.6 % probable sarcopenia. El grupo quimioterapia presentó ingesta energética inferior a sus requerimientos; mientras que todos los grupos con cáncer tenían baja ingesta proteínica. Se observó mayor riqueza bacteriana en los grupos de cáncer de mama respecto al grupo control, así como menor índice de Simpson en quimioterapia en comparación con los grupos control y remisión. A su vez, se encontró menor equidad de acuerdo con el índice Pielou en quimioterapia y remisión respecto a los controles. La diversidad β mostró diferencias significativas en la composición bacteriana entre las pacientes con cáncer y los controles. Finalmente, *Lachnospira* presentó mayor abundancia relativa en controles en comparación con las pacientes con cáncer con baja FPM y probable sarcopenia/sarcopenia.

Conclusión: Las mujeres con cáncer de mama presentan alteraciones nutricionales y del bacterioma intestinal independientemente de la fase del tratamiento. La comprensión de la relación entre el bacterioma intestinal y el estado nutricional podrían contribuir al desarrollo de estrategias nutricionales especializadas.

Palabras clave: cáncer de mama, microbiota intestinal, desnutrición, fuerza de prensión manual.

Abstract

Introduction: Breast cancer is a malignant neoplasm with high incidence and mortality rates in Mexico. The oncological process and its treatments represent a nutritional risk that can persist during remission. They may also alter the gut bacteriome, potentially influencing nutritional status.

Methods: A comparative cross-sectional study included 66 breast cancer patients divided into three groups: pre-chemotherapy (n= 21), chemotherapy (n = 24) and remission (n = 21), as well as 33 controls without cancer. Nutritional status was assessed using the PG-SGA/SGA, anthropometric and dietary indicators, phase angle (PhA) and handgrip strength (HGS). Gut bacteriome was analyzed in fecal samples through α and β diversity and relative genus abundance. Normality was assessed using the Shapiro-Wilk test. Univariate analysis was applied to quantitative variables, adjusting body composition and muscle function indicators for socioeconomic status. Paired Student´s t-test was used to compare dietary intake with nutritional requirements and one-way ANOVA was used for comparisons between groups. Kruskal-Wallis and post hoc Dunn´s tests were applied to gut bacteriome analyses.

Results: More than 50 % of the patients in the pre-chemotherapy and chemotherapy groups presented undernutrition according to the PG-SGA. PhA and HGS were significantly lower in the remission group than in controls. Among patients in remission, 68.2 % had low HGS and 63.6 % had probable sarcopenia. The chemotherapy group had energy intake below their estimated requirements, whereas all cancer groups had low protein intake. Greater bacterial richness was observed in breast cancer groups compared to controls, as well as a lower Simpson index in chemotherapy compared to controls and remission. Pielou's evenness was lower in chemotherapy and remission than in controls. β- diversity showed significant differences in bacterial composition between patients with cancer and controls. Finally, *Lachnospira* showed higher relative abundance in controls compared with breast cancer patients with low HGS and probable sarcopenia/sarcopenia.

Conclusion: Women with breast cancer exhibit nutritional and gut bacteriome alterations regardless of treatment phase. Understanding the relationship between the gut bacteriome and nutritional status may contribute to the development of specialized nutritional strategies.

Keywords: breast cancer, gut microbiota, undernutrition, handgrip strength.

I. Introducción

El cáncer de mama es la neoplasia maligna con mayor incidencia y una de las principales causas de mortalidad por cáncer entre las mujeres en México (IARC, 2026; INEGI, 2026b). Existen múltiples factores de riesgo que contribuyen al desarrollo de cáncer de mama, entre los que se encuentran el estilo de vida y la composición del bacterioma intestinal (Abdeen et al., 2025; Nazeer et al., 2025). En este contexto, se ha propuesto que el bacterioma intestinal tiene una relación estrecha con el estado nutricional y que su desequilibrio podría influir en la respuesta al tratamiento oncológico y en el riesgo de recurrencia del cáncer (Bindels & Delzenne, 2013; Hou et al., 2026; Hsu et al., 2025).

Por otra parte, tanto el proceso oncológico como los tratamientos utilizados para tratar el cáncer pueden generar diversos cambios metabólicos y fisiológicos que repercuten en el estado nutricional de las pacientes, incluso en la etapa de remisión (Adam et al., 2023; Basaran et al., 2010; Martins et al., 2021). Dentro de estas modificaciones se encuentran los cambios en la composición corporal como la pérdida de masa muscular y el aumento de masa grasa, así como la disminución de la fuerza muscular y las alteraciones en la ingesta dietética, las cuales pueden perpetuarse durante las diferentes fases del tratamiento oncológico (Bering et al., 2015; Martins et al., 2021; Puklin et al., 2023).

Por tanto, la valoración del estado nutricional en las pacientes con cáncer de mama requiere un abordaje integral que permita identificar cambios que no siempre son evidentes mediante indicadores convencionales como el IMC. La integración de indicadores antropométricos, de composición corporal, función muscular y dietéticos permite obtener una caracterización más precisa del estado nutricional en las diferentes fases de la enfermedad (Muscaritoli et al., 2021). Asimismo, la integración del nutriólogo en el equipo multidisciplinario debe mantenerse desde el diagnóstico y durante el seguimiento posterior al tratamiento, debido a la persistencia de alteraciones nutricionales en esta etapa (Caleça et al., 2023; Muscaritoli et al., 2021). Finalmente, la caracterización del bacterioma intestinal durante las diferentes fases del tratamiento podría contribuir, en el futuro, al desarrollo de estrategias nutricionales orientadas a mejorar el estado nutricional y la salud intestinal.

II. Antecedentes del cáncer de mama

2.1 Epidemiología del cáncer de mama

El cáncer de mama es una enfermedad con alta incidencia a nivel mundial y se presenta predominantemente en mujeres, representando aproximadamente el 99 % de los casos (Anton et al., 2025). De acuerdo con datos de la GLOBOCAN 2022, el cáncer de mama es la enfermedad oncológica más diagnosticada en el mundo, con un total de 43.2 casos nuevos por cada 100,000 habitantes (IARC, 2024). Adicionalmente, los tumores malignos de mama representan la segunda causa de decesos por cáncer con 12.7 muertes por cada 100,000 habitantes (IARC, 2024). Además, las neoplasias malignas de mama son la segunda causa de años de vida perdidos (YLL) en la población femenina, con 19.3 YLL por mujer (Barzaman et al., 2020; Libson & Lippman, 2014).

En México, el cáncer de mama es la enfermedad oncológica más diagnosticada con 39.9 casos nuevos por cada 100,000 habitantes (IARC, 2024); esta enfermedad representa una causa importante de mortalidad en las mujeres. En la población mexicana, los tumores malignos son la tercera causa de fallecimientos (INEGI, 2026b). Por grupos de edad, las neoplasia malignas de mama representan la tercera causa de muerte por cáncer en jóvenes de 20 a 29 años y la primera en mujeres de ≥30 años (INEGI, 2026a).

La tasa de supervivencia a 5 años para las pacientes con cáncer de mama es de 98 % cuando la enfermedad se encuentra localizada, del 84 % cuando es regional y del 23 % para la enfermedad distal (Alpuim Costa et al., 2021). Más aún, el 80 % de los pacientes con cáncer de mama son mujeres > 50 años y dentro de este grupo, aproximadamente el 40 % son mayores de 65 años. Además, el riesgo de desarrollar cáncer de mama aumenta un 1.5 % a la edad de 40, un 3 % a la edad de 50 y más de 4 % a la edad de 70 (Łukasiewicz et al., 2021).

2.2 Glándula mamaria y oncogénesis

2.2.1 Factores de riesgo que influyen en la oncogénesis de la mama

La oncogénesis mamaria es un proceso multifactorial en el que interactúan componentes genéticos, ambientales y asociados al estilo de vida (Łukasiewicz et al., 2021; Xiong et al., 2025). En este sentido, los factores de riesgo para el desarrollo de cáncer de mama pueden ser divididos en modificables y no modificables y se muestran en la **Figura 15** (Anton et al., 2025; Łukasiewicz et al., 2021).

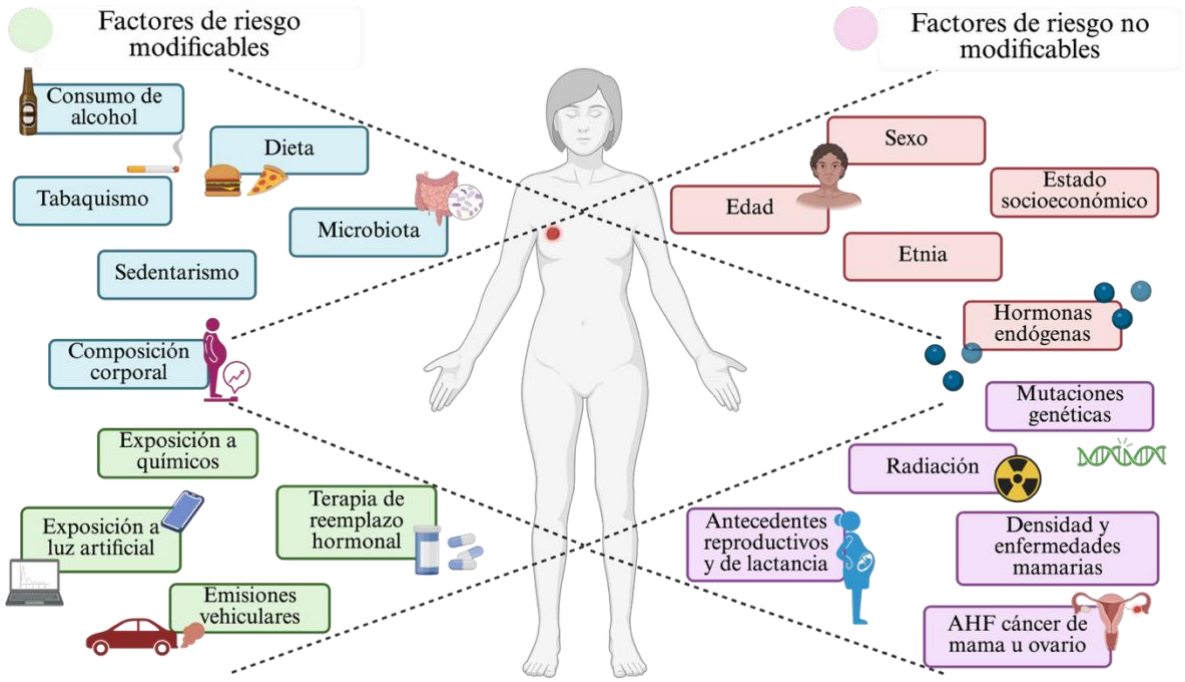


Figura 15. Factores de riesgo para el desarrollo de cáncer de mama. Creado con https://BioRender.com

Los factores hereditarios son responsables del desarrollo del 10 % de los tumores malignos de mama. La mayoría de los pacientes tienen mutaciones en los genes BRCA1/2. La función de los BRCA1/2 consiste en la reparación del ADN y activación de los puntos de control del ciclo celular, por lo que su alteración resulta en la inestabilidad cromosómica y desregulación de los puntos de control, culminando en la promoción del desarrollo tumoral (Anton et al., 2025; Clusan et al., 2023).

La exposición endógena o exógena a estrógenos y progesterona por periodos prolongados es uno de los factores de riesgo más importantes para el desarrollo de tumores malignos de la glándula mamaria (Clusan et al., 2023; Łukasiewicz et al., 2021). Los estrógenos son hormonas esteroideas sintetizadas a partir de precursores derivados del colesterol; entre ellos, el estradiol constituye la forma biológicamente más activa, seguido de la estrona (Larnder et al., 2025). En las mujeres en edad reproductiva el estradiol producido por los ovarios constituye el principal estrógeno circulante; mientras que en las mujeres posmenopáusicas, se sintetiza estrona mediante aromatización/deshidrogenación en tejidos periféricos, como el tejido adiposo y las glándulas suprarrenales (Larnder et al., 2025; Papakonstantinou et al., 2022). Los factores de riesgo relacionados con la exposición hormonal son más prevalentes en países industrializados, esto es porque los embarazos ocurren a edades más tardías, la lactancia materna es menos común, los tratamientos hormonales se utilizan con mayor frecuencia y el estilo de vida es más sedentario (Clusan et al., 2023).

Los patrones dietéticos también desempeñan un papel importante en el desarrollo de neoplasias malignas en mamas. Mientras que, los patrones dietéticos ricos en frutas, verduras, granos enteros y grasas saludables cuentan con evidencia relacionada con reducción en la inflamación sistémica, mejora en los perfiles metabólicos y modulación de los niveles hormonales; la dieta alta en grasa saturada, azúcares y alimentos ultraprocesados favorece un ambiente proinflamatorio, prooxidativo y prooncogénico, asociado con la iniciación y la progresión del cáncer de mama, así como con un mal pronóstico frente a la enfermedad debido entre otros, al desarrollo de eventos adversos relacionados con el cáncer o el tratamiento antineoplásico (Abdeen et al., 2025; Reytor-González et al., 2025).

El consumo excesivo de grasas saturadas promueve la adiposidad aumentada y la acumulación de grasa visceral, que se relacionan con inflamación crónica de bajo grado y desregulación hormonal (Reytor-González et al., 2025). Las dietas altas en grasa dan lugar a la lipotoxicidad; por su parte, la acumulación de ácidos grasos en tejidos no adiposos como el hígado o la mama, afectan la sensibilidad a la insulina por medio de la activación de las

vías de señalización PI3K/AKT/mTOR y NF-κB implicadas en la tumorigénesis (Reytor-González et al., 2025).

Por su parte, las dietas altas en hidratos de carbono refinados y azúcares añadidos contribuyen a la hiperglucemia crónica, la hiperinsulinemia y la resistencia a la insulina; estas alteraciones metabólicas derivadas del consumo excesivo de azúcares añadidos son componentes claves del eje insulina-IGF-1, el cuál promueve la proliferación celular de células cancerosas, inhiben la apoptosis e incrementan la biodisponibilidad de estrógenos circulantes por medio de la reducción de globulina fijadora de hormonas sexuales (Reytor-González et al., 2025).

2.2.2 Clasificación y oncogénesis del cáncer de mama

El cáncer de mama es una enfermedad heterogénea cuya clasificación tumoral se basa en características histopatológicas, patrones morfológicos y perfiles moleculares (Anton et al., 2025; Xiong et al., 2025). Su desarrollo se asocia con la proliferación autónoma del epitelio lobulillar y/o ductal de la glándula mamaria, el cual adquiere características malignas y da lugar a la formación de un tumor (Clusan et al., 2023; Luan et al., 2024). Esta proliferación aberrante está impulsada por distintos eventos genéticos y ambientales que desencadenan un proceso progresivo de transformación celular, durante el cual las células sanas atraviesan fases de hiperplasia y cambios premalignos dando finalmente origen a un carcinoma *in situ* (Xiong et al., 2025).

Considerando el enfoque histopatológico, el cáncer de mama puede clasificarse principalmente como carcinoma ductal o carcinoma lobulillar según los patrones de crecimiento y las características citológicas correspondientes. Ambos tipos tumorales pueden ser categorizados como *in situ* o invasivo (Anton et al., 2025; Zhang et al., 2021). El carcinoma ductal invasivo se presenta en el 80 a 85 % de los casos; mientras que, el carcinoma lobulillar tiene una incidencia del 5 al 15 % (Anton et al., 2025).

De acuerdo con la clasificación molecular, el cáncer de mama se divide en cuatro subtipos que dependen de la expresión de receptores hormonales: Luminal A, Luminal B,

HER2 enriquecido y similar a basal o triple negativo (Anton et al., 2025; Łukasiewicz et al., 2021). Las neoplasias de tipo Luminal son tumores positivos a receptores de estrógenos (ER) que comprenden alrededor del 70 al 80 % de todos los casos en la población occidental. Los tumores Luminal A se presentan en el 50 a 60 % de los casos y están caracterizados por ser ER+ y/o positivos a receptores de progesterona (PR) y ausencia del receptor del factor de crecimiento epidérmico humano 2 (HER2); son tumores de baja proliferación y alta dependencia hormonal que responden bien a terapias endócrinas e inhibidores de la aromatasa (Clusan et al., 2023; Laskar et al., 2025; Łukasiewicz et al., 2021).

El Luminal B es diagnosticado en 10 % de las pacientes con cáncer de mama y se refiere a tumores de alta proliferación y mal pronóstico; son tumores ER+ y pueden ser negativos a PR y/o HER2 positivos. Adicionalmente, tienen alta expresión de genes relacionados con la proliferación como MKi67 (Clusan et al., 2023; Laskar et al., 2025; Łukasiewicz et al., 2021). Los ER se encuentran igualmente presentes en los subtipos A y B y sirven para distinguir la enfermedad luminal de la no luminal (Łukasiewicz et al., 2021). El grupo HER2 enriquecido, representa del 15 al 20 % de los tumores malignos de mama. Esta caracterizado por una alta expresión de HER2 en ausencia de ER y PR; además, son tumores con alta proliferación. El cáncer HER2 enriquecido prolifera de forma más rápida que los tumores luminales (Laskar et al., 2025; Łukasiewicz et al., 2021).

Por último, el cáncer de mama triple negativo (TNBC) se caracteriza por la ausencia de los ER, PR y HER2. Constituyen del 10 al 15 % de todos los tumores malignos de mama. Este tipo de tumores es altamente heterogéneo y tiende a ser biológicamente agresivo, asociándose a un muy mal pronóstico. Además, el carcinoma ductal infiltrante es la característica histopatológica más habitual en este tipo de cáncer (Laskar et al., 2025; Łukasiewicz et al., 2021). Adicionalmente, se ha observado que el subtipo triple negativo es diagnosticado de forma más común en pacientes < 40 años y el subtipo luminal A es más recurrente en pacientes por arriba de los 70 años (Łukasiewicz et al., 2021).

La patogénesis molecular de los tumores malignos de mama está regulada por múltiples vías de señalización incluyendo ER, HER2, PI3K/AKT/mTOR, RAS/ERK1/2,

Wnt/β-catenina, JAK/STAT y Notch (Laskar et al., 2025). La señalización de los ER favorece la proliferación en tumores ER+ por medio de mecanismos genómicos y no genómicos. En la vía genómica (**Figura 16**) el proceso comienza con el paso del 17β-estradiol al citoplasma y su unión con el ERα. El ERα activado por ligando se dimeriza, formando principalmente homodímeros (ERα/ERα) y con menor frecuencia heterodímeros (ERα/ERβ); posteriormente, los dímeros se translocan al núcleo, lo que les permite actuar como factores de transcripción al unirse a secuencias específicas del ADN llamados elementos de respuesta a estrógenos (ERE). Lo anterior impulsa la expresión de genes que favorecen la progresión del cáncer en la glándula mamaria al favorecer la transcripción de genes relacionados con la proliferación, crecimiento, diferenciación y supervivencia celular (Clusan et al., 2023; Laskar et al., 2025). La activación del ERα también puede darse por medio de mecanismos independientes del ligando. En este caso, ciertas cinasas intracelulares son activadas por factores de crecimiento, acción que lleva a la fosforilación y consecuente activación del ERα. En un paso posterior, el ERα se transloca al núcleo y se une a ERE (Clusan et al., 2023).

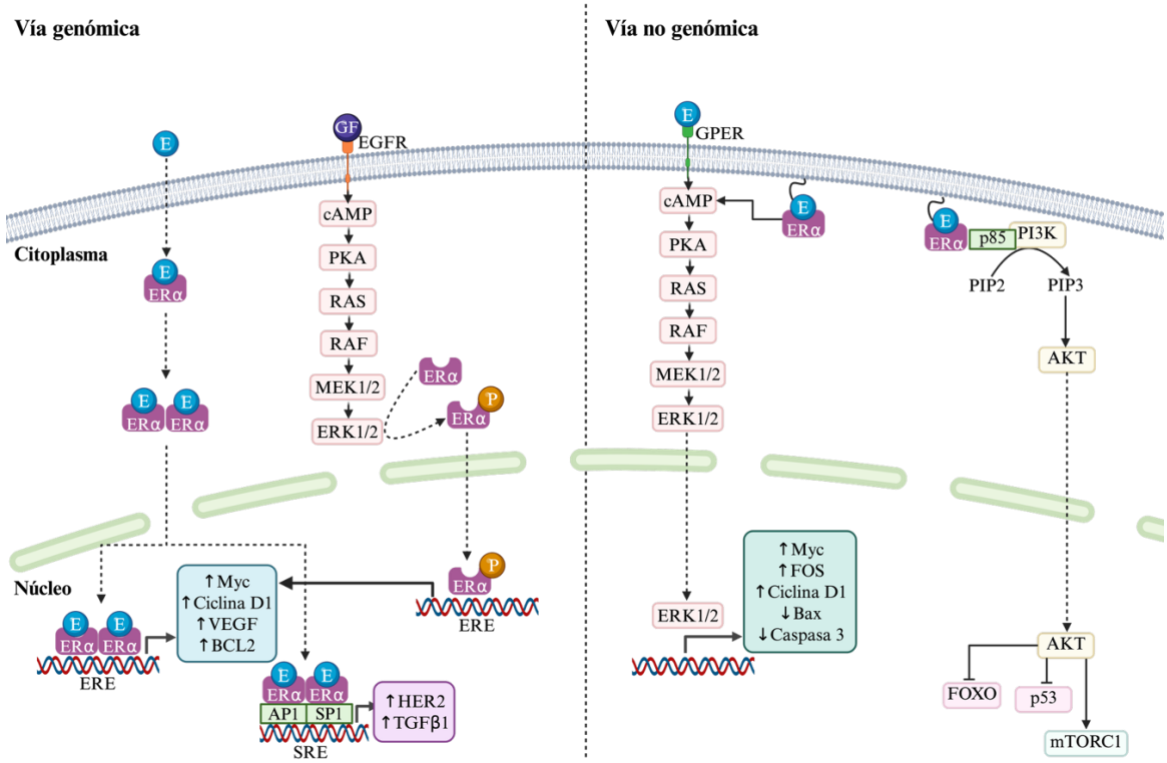


Figura 16. Vías de señalización genómicas y no genómicas en la oncogénesis mamaria mediada por estrógenos. E: estrógeno; EGFR: receptor del factor de crecimiento epidérmico; ERα: receptor de estrógenos α; ERE: elementos de respuesta a estrógenos; GF: factor de crecimiento; GPER: receptor de estrógenos acoplado a proteína G; SER: elemento de respuesta sérica. Creado con https://BioRender.com

En la vía no genómica (**Figura 16**) la señalización ocurre a través de ERα unidos a membrana, mediante la activación de receptores de factores de crecimiento o por medio de ERα acoplados a proteína G, lo que lleva a la activación de vías como PI3K/AKT/mTOR y RAS/ERK1/2 que amplifican señales proliferativas y de supervivencia (Clusan et al., 2023; Laskar et al., 2025).

Por otro lado, la amplificación aberrante de HER2 se correlaciona con un fenotipo agresivo de cáncer de mama; ya que, en los tumores malignos con sobreexpresión de HER2 se activan las vías de señalización RAS/ERK1/2 o PI3K/AKT/mTOR (**Figura 17**). La vía de señalización RAS/ERK1/2 está involucrada en la proliferación; mientras que, la vía PI3K/AKT/mTOR media la supervivencia celular. Además, la activación de la vía RAS/ERK1/2 se asocia con baja respuesta a la terapia hormonal y disminución en la tasa de supervivencia de las pacientes. Más aun, la señalización de las vías activadas por HER2 favorece la metástasis y hace que este tipo molecular de cáncer tenga peor pronóstico en comparación con los tumores de tipo luminal (Clusan et al., 2023; Pan et al., 2024).

La vía RAS/ERK1/2 es responsable de regular procesos como la proliferación celular, la supervivencia, la diferenciación celular y la metástasis en los tumores triple negativo (**Figura 17**). Además, se ha observado que esta vía presenta mayor actividad en el TNBC en comparación con los demás subtipos moleculares de cáncer de mama, contribuyendo a un fenotipo tumoral más agresivo con mayor resistencia al tratamiento quimioterapéutico (Dewi et al., 2022; Patel & Shah, 2022).

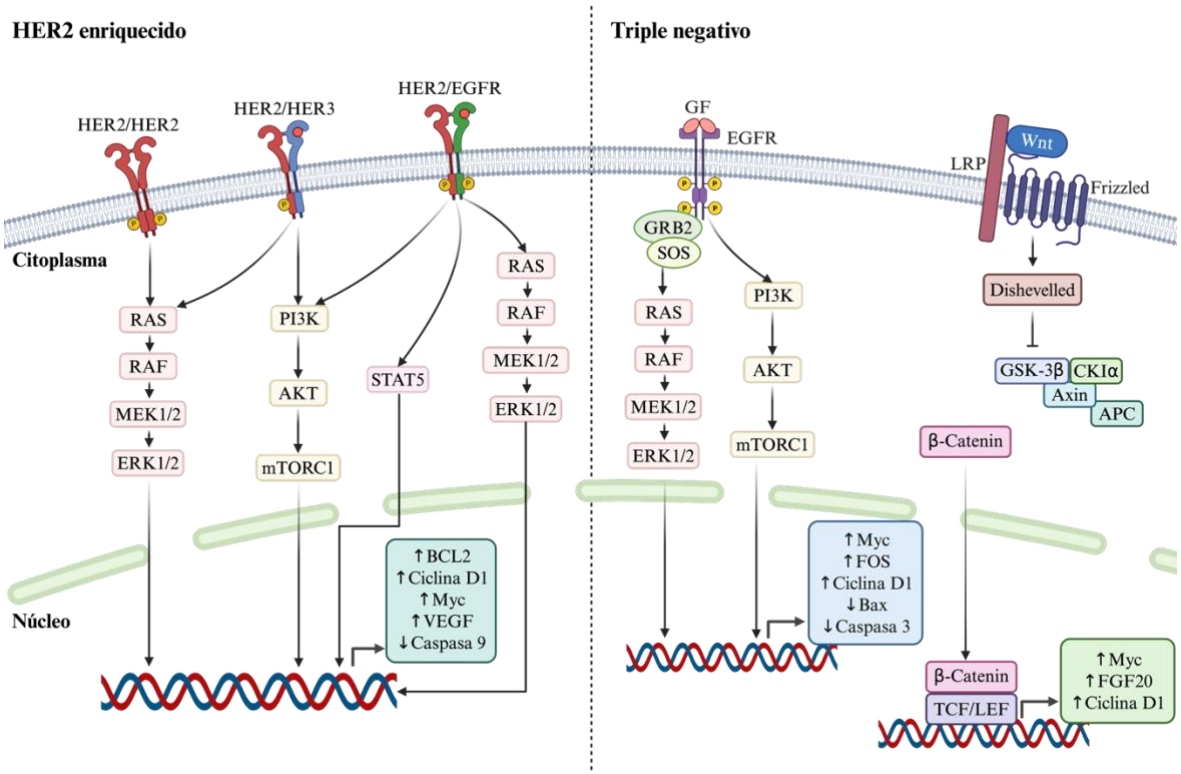


Figura 17. Principales vías de señalización implicadas en la oncogénesis de los subtipos moleculares HER2 enriquecido y triple negativo del cáncer de mama. EGFR: receptor del factor de crecimiento epidérmico; GF: factor de crecimiento. Creado con https://BioRender.com

La vía PI3K/AKT/mTOR constituye otra de las principales vías de señalización implicadas en la oncogénesis del TNBC (**Figura 17**), favoreciendo la supervivencia y la proliferación celular, así como la progresión del ciclo celular. Su activación puede darse por medio de la unión del ligando a receptores tirosina cinasa, así como por mutaciones en PIK3CA o la pérdida de actividad en PTEN (Patel & Shah, 2022). Asimismo, la vía canónica de Wnt/β-catenina se considera una de las principales impulsoras en el desarrollo de TNBC relacionándose con un mal pronóstico, ya que se asocia con un mayor riesgo de metástasis pulmonares y cerebrales (**Figura 17**) (Medina et al., 2020; Patel & Shah, 2022).

Finalmente, las mutaciones en los genes BRCA1/2 desempeñan un papel importante en el desarrollo TNBC. Aproximadamente el 80 % de los tumores malignos de la glándula mamaria desarrollados en portadoras de mutaciones en BRCA1 corresponden al subtipo triple negativo (Dewi et al., 2022; Patel & Shah, 2022). Los genes BRCA1/2 tienen una

función fundamental como protectores del genoma al participar como responsables del mantenimiento de la estabilidad genómica a través de la vía de reparación de ADN por recombinación homóloga, que es un mecanismo libre de errores. Al presentarse una deficiencia en la función de estos genes, las células utilizan mecanismos de reparación propensos a errores, facilitando la acumulación de aberraciones en el ADN y el consiguiente desarrollo de tumores. Esta inestabilidad genómica representa una de las características facilitadoras que permiten a las células cancerosas adquirir las capacidades necesarias para su progresión maligna (Medina et al., 2020; Patel & Shah, 2022; Semmler et al., 2019). Además, se ha observado que las mutaciones en BRCA1 se asocian con sobreexpresión del EGFR y mutaciones en la proteína supresora de tumores TP53, agravando la patogénesis y reduciendo las tasas de supervivencia en pacientes con cáncer de mama (Patel & Shah, 2022).

2.3 Tratamiento médico en el cáncer de mama

El tratamiento del cáncer de mama se debe prescribir con base en las características moleculares del tumor. En la actualidad existen diversas opciones de tratamiento para las neoplasias malignas de mama, entre las cuales se incluyen, la cirugía, la quimioterapia, la radioterapia, la terapia endócrina, la terapia dirigida y la inmunoterapia (Barzaman et al., 2020; Wang & Wu, 2023). En el 75 % de los casos, la cirugía puede consistir en una mastectomia conservadora, también llamada lumpectomía. En aquellos casos en los que hay mayor extensión del cáncer se prefiere una mastectomía radical, que consiste en la extirpación total de la glándula mamaria (Clusan et al., 2023). La radioterapia consiste en una irradiación dirigida con el objetivo de destruir las células cancerosas residuales al evento quirúrgico (Clusan et al., 2023; J. Wang & Wu, 2023).

Por su parte, la quimioterapia puede ser de carácter neoadyuvante o adyuvante. La quimioterapia neoadyuvante se recomienda en pacientes con tumores de gran tamaño, afectación ganglionar axilar extensa y subtipos moleculares agresivos, como en el cáncer de mama HER2+ y el triple negativo (Clusan et al., 2023; Wang & Wu, 2023). La quimioterapia adyuvante debe ser prescrita entre tres y cuatro semanas posteriores al evento quirúrgico, ya

que retrasar su inicio más allá de los tres meses posteriores a la cirugía se asocia con peores desenlaces de supervivencia. Además, se recomienda la administración de dosis quimioterapéuticas con un intervalo entre ciclos de 14 días (Wang & Wu, 2023).

EL tratamiento quimioterapéutico consiste regularmente en el uso de taxanos con o sin antraciclinas, administrados de forma secuencial o en combinación, ya sea en el contexto neoadyuvante o adyuvante (Clusan et al., 2023; Wang & Wu, 2023). El uso de antraciclinas resulta relevante en pacientes de alto riesgo, especialmente aquellas con tumores HER2+ o triple negativo. Asimismo, el uso de docetaxel y carboplatino han mostrado mejoras en la supervivencia libre de enfermedad y libre de recaída, por lo cual se consideran una alternativa terapéutica en el TNBC. De igual forma, en el TNBC la administración de capecitabina como terapia de mantenimiento ha mostrado beneficios en la supervivencia libre de enfermedad (Clusan et al., 2023; Wang & Wu, 2023).

Dentro de los tratamientos específicos para el cáncer de mama se incluye la terapia dirigida contra HER2 mediante el uso del anticuerpo monoclonal trastuzumab. La administración del trastuzumab se recomienda durante un año en combinación con la quimioterapia dentro de los esquemas neoadyuvantes y adyuvantes (Clusan et al., 2023; Wang & Wu, 2023). Otros agentes anti-HER2 incluyen el pertuzumab y lapatinib. En este contexto, se ha observado que la combinación dual de agentes anti-HER2 en conjunto con el tratamiento quimioterapéutico ha mejorado las tasas de respuesta, la supervivencia libre de progresión y la supervivencia global. Sin embargo, la resistencia a los fármacos anti-HER2 continua representando un desafío clínico importante (Wang & Wu, 2023).

Por último, la terapia hormonal es un tratamiento específico para el cáncer de mama de tipo luminal y consiste en la reducción de los niveles de estrógenos o en el bloqueo de la actividad de ERα, disminuyendo el riesgo de recaída y mejorando la supervivencia global. Este tratamiento puede administrarse posterior al tratamiento primario por un lapso de 5 o 10 años y su sensibilidad se encuentra directamente asociada con la expresión de receptores hormonales (Barzaman et al., 2020; Clusan et al., 2023; Wang & Wu, 2023). Los medicamentos más empleados dentro de esta terapia son el tamoxifeno, que es un modulador

selectivo del ER y los inhibidores de la aromatasa como el letrozol, anastrozol y exemestano, que reducen la síntesis de estrógenos al bloquear la conversión de andrógenos en estrógenos catalizada por la enzima aromatasa, con lo cual constituyen una alternativa terapéutica ampliamente utilizada, especialmente en mujeres posmenopáusicas (Barzaman et al., 2020; Clusan et al., 2023; Wang & Wu, 2023).

2.4 Nutrición en la paciente con cáncer de mama

2.4.1 Estado nutricional en pacientes con cáncer de mama previo al inicio de la quimioterapia

En pacientes con cáncer de mama la prevalencia de desnutrición va del 30 al 40 % de los casos (Ocón Bretón et al., 2017). En esta población, la desnutrición no identificada o tratada oportunamente se asocia con un mal pronóstico clínico, ya que las pacientes toleran un menor número de ciclos de quimioterapia y radioterapia, presentan mayor riesgo de toxicidad, de fracaso terapéutico y progresión acelerada de la enfermedad (Adam et al., 2023). Además, el deterioro del estado nutricional disminuye su movilidad física y aumenta la fatiga afectando su calidad de vida (Adam et al., 2023).

Adicionalmente, una alta prevalencia de mujeres con tumores malignos de mama presenta sobrepeso u obesidad al momento del diagnóstico. En este sentido, se ha observado que aproximadamente el 75 % de las mujeres mexicanas con diagnóstico reciente de cáncer de mama presentan un exceso de peso (Mohar et al., 2009). El exceso de masa grasa en las pacientes con neoplasias malignas de mama, se ha asociado con complicaciones quirúrgicas como linfedema, infecciones del sitio quirúrgico, retraso en la cicatrización de heridas, fatiga y neuropatía, así como un mayor riesgo de recurrencia de la enfermedad y de mortalidad (Puklin et al., 2023). También se ha evidenciado que las mujeres con IMC $\geq$ 30 kg/m^2 al momento del diagnóstico oncológico presentan una enfermedad más avanzada, en comparación con las pacientes que tienen un IMC < 25 kg/m^2 (Silva & Figueiredo, 2021).

Además del exceso de masa grasa, estas pacientes cursan con baja masa muscular, condición conocida como obesidad sarcopénica, lo que dificulta que métodos

convencionales, como el IMC, detecten el déficit nutricional (Adam et al., 2023). En este contexto, la obesidad sarcopénica se asocia con un peor pronóstico al momento del diagnóstico, deterioro de la capacidad funcional, disminución de la fuerza muscular y reducción de la movilidad (Adam et al., 2023; Winkels et al., 2014; Zahid et al., 2025).

Por lo anterior, la identificación del riesgo nutricional en pacientes recién diagnosticadas con cáncer de mama es fundamental para brindar una atención nutricional oportuna; sin embargo, son pocos los estudios relacionados con la evaluación del estado nutricio en pacientes con cáncer de mama previo al inicio del tratamiento quimioterapéutico (Cabo García et al., 2019). En un estudio realizado por Bering et al. (2015) se evaluó el estado nutricio de pacientes con neoplasias malignas de mama antes de comenzar con la quimioterapia y se observó que de acuerdo con el IMC, el 57.7 % de las pacientes presentaba sobrepeso u obesidad. En contraste, al evaluar el porcentaje de masa grasa obtenido por medio de la BIA, encontraron que 88.5 % de las participantes tenían exceso de tejido adiposo. Por otra parte, 19.2 % de las pacientes cursaban con desnutrición de acuerdo con la VGS, mientras que 12.8 % tenían un AF por debajo de los valores de referencia. Además, 9 % de las participantes fueron clasificadas como desnutridas al medir la FPM. Otro estudio realizado por Cabo García et al. (2019) en pacientes con cáncer de mama recién diagnosticado, encontró que 28.9% de las participantes tenía sobrepeso y 31.6 % tenía obesidad de acuerdo con el IMC. Al aplicar la VGS-GP el 97.8 % de las participantes se encontraban normonutridas.

Aun cuando las guías para la atención del paciente oncológico recomiendan iniciar la atención nutricional desde el momento del diagnóstico, en la práctica clínica la atención suele centrarse principalmente en el tratamiento médico, dejando la valoración nutricional para aquellos pacientes con desnutrición grave, lo que limita los beneficios de una intervención nutricional temprana (Cabo García et al., 2019).

2.4.2 Estado nutricional en pacientes con tumores malignos de mama bajo tratamiento quimioterapéutico

El tratamiento quimioterapéutico también impacta la composición corporal de las pacientes con cáncer de mama. El aumento de peso es un problema frecuente que afecta entre el 50 al 96 % de las pacientes que reciben quimioterapia (Basaran et al., 2010; His et al., 2025). De manera general, una ganancia ≥ 5 % del peso corporal se considera clínicamente significativa; mientras que una ganancia ≥ 10 % se asocia con menor supervivencia (Cathcart-Rake et al., 2022; Puklin et al., 2023). En este sentido, se ha observado una ganancia aproximada de 2.5 a 6.2 kg durante el primer año posterior al diagnóstico, lo que se asocia con un peor pronóstico y mayor riesgo de recurrencia (Basaran et al., 2010; Winkels et al., 2014). Cabe señalar que, cada incremento ponderal de 5 kg se ha relacionado con un aumento del 13 % en la mortalidad específica por cáncer de mama (Silva & Figueiredo, 2021). Además, la ganancia de peso ≥ 5 %, así como la obesidad, contribuyen al desarrollo de enfermedades crónicas o agravan aquellas condiciones preexistentes. Por otro lado, el sobrepeso en conjunto con la mastectomía y la alopecia, deterioran la imagen corporal de las pacientes, impactando de forma negativa sobre su calidad de vida (Basaran et al., 2010).

En la actualidad, la comprensión sobre los mecanismos involucrados en el aumento de peso relacionado a la quimioterapia, es limitada. Entre los factores asociados con la ganancia ponderal se encuentran el tipo de quimioterapia administrada, la duración del tratamiento quimioterapéutico, la pérdida de la estabilidad económica, el cáncer de mama en estadio III, la amenorrea inducida por tratamiento oncológico, la retención de líquidos, el cambio en la percepción de sabores, el estado piscoemocional y la disminución de la actividad física (Cathcart-Rake et al., 2022; His et al., 2025; Puklin et al., 2023; Winkels et al., 2014).

En contraste, una pérdida de peso importante, posterior al diagnóstico de cáncer de mama en pacientes con tumores en estadios I a III se ha asociado con 41 % más riesgo de mortalidad por cualquier causa, en comparación con las mujeres que mantuvieron un peso

estable durante los dos años posteriores al diagnóstico (Puklin et al., 2023). Este incremento en la mortalidad podría explicarse, en parte, por la depleción de la masa muscular como consecuencia del tratamiento quimioterapéutico (Mallard et al., 2021; Puklin et al., 2023).

El tratamiento oncológico puede favorecer la aparición de diversos síntomas gastrointestinales que dificultan el consumo adecuado de alimentos y favorecen el deterioro nutricional (Kashif et al., 2024; Puklin et al., 2023). Además, la fatiga relacionada con el cáncer desempeña un papel importante en el desarrollo de la atrofia muscular. Se ha observado que la fatiga se intensifica entre los 2 a 7 días posteriores a la administración de la quimioterapia, lo que lleva a una disminución en la movilidad por parte de las pacientes (Mallard et al., 2023). En este contexto, se ha observado que la sarcopenia afecta a aproximadamente al 45 % de las mujeres con neoplasias malignas de mama y se asocia con deterioro de la función física, aumento en la ocurrencia de toxicidad inducida por quimioterapia y menor supervivencia (Puklin et al., 2023).

En un estudio realizado por Mallard et al. (2023) se encontró una disminución del 2.3 % de la masa muscular en mujeres con cáncer de mama bajo esquema quimioterapéutico, además de una reducción del 3.6 % en la FPM. Por su parte, Rossi et al. (2020) realizaron una tomografía computarizada en mujeres con tumores malignos de mama con quimioterapia neoadyuvante y observó una disminución del 15 % en la masa muscular.

En otro estudio realizado por Kashif et al. (2024) en mujeres con cáncer de mama bajo esquema quimioterapéutico se observó que de acuerdo al IMC, 2.5 % de las pacientes presentaban desnutrición, mientras que 39.5 % cursaban con sobrepeso y 29.5 % con obesidad. Este grupo de investigadores también realizó una evaluación nutricional por medio de la VGS-GP, encontrando que 64 % de las participantes tenía algún grado de desnutrición. Además, reportaron que durante el tratamiento 45 % de las pacientes perdió peso; mientras que 31 % de ellas presentó un incremento ponderal. De forma similar, Basaran et al. (2010) observaron un incremento aproximado del 2.4 % del peso corporal en el 67 % de las mujeres con quimioterapia adyuvante. Adam et al. (2023) observaron que en pacientes con cáncer de mama bajo tratamiento oncológico 56.7 % de las participantes presentaban diagnóstico de

desnutrición de acuerdo con la VGS. Además, 12.1 % de las pacientes había tenido una pérdida de peso ≥ 10 % en los 6 meses previos al estudio.

Además, se ha observado que la prevalencia de caquexia en pacientes con cáncer de mama es de aproximadamente el 25 %. Si bien el cáncer de mama tiene menor prevalencia de caquexia en comparación con otros tipos de cáncer, es importante considerar que su diagnóstico se basa principalmente en la pérdida de peso corporal global y no exclusivamente en la pérdida de masa muscular. Por lo que es probable que la caquexia haya sido subdiagnosticada en la práctica clínica, ya que pacientes con pérdida significativa de masa muscular, pero sin una reducción importante del peso corporal, podrían no cumplir con los criterios diagnósticos actuales (Mallard et al., 2021).

Dado que las alteraciones en la composición corporal son frecuentes en pacientes con cáncer de mama bajo tratamiento quimioterapéutico, resulta esencial identificar de manera temprana las deficiencias nutricionales e implementar estrategias encaminadas a prevenir la desnutrición mediante el manejo de los síntomas, así como la promoción de la actividad física (Puklin et al., 2023).

2.4.3 Estado nutricional en pacientes con cáncer de mama en remisión

El acceso a los sistemas de salud, las mejoras en la detección temprana de los tumores malignos de mama y la personalización del tratamiento han dado lugar a un aumento en el número de pacientes en remisión del cáncer (Caleça et al., 2023). Los datos muestran que hasta el 98 % de las mujeres que han alcanzado la remisión tras el diagnóstico de cáncer de mama sobrevive al menos cinco años; mientras que aproximadamente el 70 % sobrevive diez años (Alpuim Costa et al., 2021; Caleça et al., 2023). Sin embargo, estas pacientes con frecuencia experimentan baja calidad de vida tras la finalización del tratamiento (Caleça et al., 2023).

Los pacientes en remisión del cáncer cursan con efectos adversos derivados tanto de la enfermedad como del tratamiento antineoplásico, dentro de los que se incluyen la fatiga, la pérdida del apetito, dolor, náuseas, disminución de peso corporal, reducción de la masa

muscular, alteraciones en la integridad de la membrana celular y cambios la distribución de los líquidos corporales, contribuyendo al aumento del riesgo de morbilidad y mortalidad (Martins et al., 2021). En contraste, un peso corporal adecuado y más específicamente, una composición corporal conservada, pueden favorecer de forma significativa la reducción en la morbilidad y la mortalidad en los individuos en remisión (Benavides-Rodríguez et al., 2017). Sin embargo, en las pacientes en remisión del cáncer de mama con frecuencia se observa baja masa y fuerza muscular que puede estar acompañada de un exceso de masa grasa (Benavides-Rodríguez et al., 2017; Ortiz-Mendoza et al., 2014).

En relación con lo anterior, se ha observado que aproximadamente el 42 % de las mujeres con cáncer de mama en remisión presentan sobrepeso u obesidad en México, incrementando el riesgo de recurrencia de la enfermedad al favorecer la sobreactivación de vías inflamatorias, inmunológicas, metabólicas y hormonales (Bruinsma et al., 2021; Dieli-Conwright et al., 2022; Ortiz-Mendoza et al., 2014). En un estudio realizado en población mexicana, se observó que 82 % de las pacientes con cáncer de mama en remisión presentaban sobrepeso u obesidad y que además, el 57 % de las participantes con exceso de peso tenían síndrome metabólico (Ortiz-Mendoza et al., 2014). A su vez, Silva & Figueiredo (2021) encontraron que el 62.5 % de las pacientes en remisión del cáncer de mama tenían obesidad abdominal y que el 45 % presentaban síndrome metabólico.

Además, la evidencia disponible indica que la ganancia de peso adquirida durante el tratamiento antineoplásico puede persistir incluso después de un año de haber concluido el tratamiento (Basaran et al., 2010; Mohammadi et al., 2013). Se ha reportado que las mujeres en remisión del cáncer de mama presentan un incremento de masa grasa de entre 2.4 a 6.7 kg y una pérdida de masa magra de 0.4 a 1.7 kg (Mohammadi et al., 2013). Sin embargo, las pacientes que mantienen un peso corporal estable durante los años posteriores al tratamiento también pasan por cambios en la composición corporal, caracterizados por la disminución de la masa libre de grasa y aumento del tejido adiposo (Mohammadi et al., 2013). Los factores implicados con mayores cambios en la composición corporal son, la menopausia inducida por el tratamiento antineoplásico, escasa actividad física posterior al tratamiento,

encontrarse en edad reproductiva al momento del diagnóstico y un IMC bajo al diagnóstico oncológico (Mohammadi et al., 2013).

De esta forma, Basaran et al. (2010) reportaron que el 72 % de las pacientes con tumores malignos de mama que habían aumentado de peso durante el tratamiento oncológico, continuaron presentando una ganancia ponderal, alcanzando un incremento adicional del 1.8 % un año después de finalizar el esquema de quimioterapias. Otro estudio realizado por Mohammadi et al. (2013) evidenció que el 68 % de las mujeres con cáncer de mama en remisión presentó ganancia de peso posterior al tratamiento, mientras que para el resto el peso disminuyó. Además, de acuerdo con el IMC, 13 % de las participantes tenían normopeso, 70 % sobrepeso y 16 % obesidad. Al evaluar el perímetro de cintura utilizando como punto de corte un valor de ≥ 90 cm, encontró que aproximadamente 90 % de la población tenía obesidad abdominal. Adicionalmente, observaron que al aplicar la VGS-GP, solo 6 % de las mujeres presentaba desnutrición.

Por su parte, Majid et al. (2018) encontraron que 66.5 % de las mujeres en remisión de cáncer de mama cursaban con sobrepeso u obesidad al realizar la evaluación mediante el IMC; mientras que 45 % de la población estudiada tenía un porcentaje de masa grasa por arriba de los valores de referencia. La obesidad sarcopénica también es un problema importante en esta población y tiende a ser enmascarado por el exceso de masa grasa (Benavides-Rodríguez et al., 2017). Benavides-Rodríguez et al. (2017) evaluaron el IMC encontrando que 38.8 % de las mujeres en remisión tenían sobrepeso y 43.7 % presentaban obesidad. Dentro de este mismo estudio 77.6 % de las participantes cursó con baja FPM. Asimismo, 22.4 % de las mujeres fueron diagnosticadas con sarcopenia y 16.3 % con obesidad sarcopénica. Concluyendo que una de cada cinco mujeres en remisión presentaba sarcopenia.

Debido a que la composición corporal se encuentra estrechamente relacionada con el riesgo de recurrencia de cáncer de mama y dado que se ha reportado una tasa de recaída de hasta el 59.7 % (Benavides-Rodríguez et al., 2017; Bruinsma et al., 2021), es importante comprender los mecanismos implicados en este proceso. Asimismo, es necesario diseñar

intervenciones dirigidas a mejorar los hábitos alimentarios, promover la actividad física y optimizar la atención y el pronóstico de las mujeres en remisión del cáncer de mama.

2.5 Relación entre el bacterioma intestinal y la oncogénesis de la glándula mamaria

2.5.1 Bacterioma en el contexto intestinal

El microbioma intestinal es un componente vital para la salud humana, desempeña una función similar a la de un órgano metabólico, influenciando la absorción de nutrimentos y el bienestar en general a la vez que coevoluciona con el hospedero (Valencia et al., 2025). El microbioma está constituido por un conjunto de microorganismos entre los que se incluyen las arqueas, protozoos, hongos, virus y bacterias. Además de los microorganismos, el microbioma engloba sus genes asociados y moléculas secretadas. En conjunto, los microorganismos intestinales y sus metabolitos participan en la digestión de los alimentos, aprovechamiento de nutrimentos, facilita la absorción de vitaminas esenciales y nutrimentos inorgánicos, también brinda protección contra la colonización de patógenos y contribuye a la regulación de la inflamación sistémica (Larnder et al., 2025; Valencia et al., 2025).

Por su parte, la microbiota constituye el conjunto de microorganismos que colonizan la piel, la boca, el tracto gastrointestinal y otras áreas del cuerpo (Alpuim Costa et al., 2021; Valencia et al., 2025). En total, la microbiota intestinal constituye una biomasa de aproximadamente 1.5 a 2.0 kg, conformada por más de 100 trillones de células bacterianas (Mancin et al., 2023). La microbiota intestinal es reconocida como un órgano metabólico central dada su capacidad para producir compuestos bioactivos que influencian la salud humana por medio de los diferentes ejes intestino – hospedero (Mancin et al., 2023).

De forma específica, se puede utilizar el término bacterioma para hacer referencia a las bacterias y sus genomas que habitan en un ecosistema determinado (McGuinness et al., 2024). El desarrollo y la especialización del bacterioma intestinal comienza de manera temprana durante la etapa fetal (Alpuim Costa et al., 2021; Papakonstantinou et al., 2022). Esta colonización temprana permite moldear la respuesta inmunológica y evitar reacciones antigénicas adversas hacia los componentes microbianos; por lo tanto, puede resultar esencial para la función metabólica y la salud futura (Alpuim Costa et al., 2021; Zhang et

al., 2021). Además, la configuración del bacterioma depende de varios factores a lo largo de la vida, como la vía de nacimiento, la dieta durante la infancia y la adultez y el uso de antibióticos o moléculas similares a los antibióticos derivadas del ambiente (Valencia et al., 2025).

La carga y la diversidad bacteriana incrementan desde el estómago hasta el colon; por lo cual, el órgano más colonizado por el bacterioma es el intestino grueso, en donde se estima que habitan más del 70% de todos los microorganismos del cuerpo humano (Alpuim Costa et al., 2021; Kwa et al., 2016; Zhang et al., 2021). Dado que la función del bacterioma intestinal es contribuir a la salud por medio del incremento en la estabilidad, resiliencia y funcionamiento óptimo del cuerpo, se han definido parámetros ecológicos globales que permiten evaluar el equilibrio microbiano, mejor definido como eubiosis (Valencia et al., 2025). Estos parámetros son, riqueza, diversidad y balance de las comunidades microbianas. Por lo anterior, un incremento en la riqueza y la diversidad de los microorganismos en el intestino puede ser un indicador de salud (Valencia et al., 2025).

Sin embargo, la definición de bacterioma saludable va más allá de la diversidad o la riqueza y puede ser definido por la presencia de clases de microbios que mejoran el metabolismo, la resiliencia a la infección e inflamación, resistencia al cáncer o autoinmunidad, la señalización endócrina y la función cerebral (Valencia et al., 2025). Por lo tanto, la diversidad microbiana, el potencial funcional de la microbiota y las interacciones complejas entre microbiota y humanos, están directamente ligadas con la salud y enfermedad (Das, 2022).

De las más de 1000 especies bacterianas intestinales, un amplio porcentaje (~98%) están dominados por los filos *Bacillota* (~65%) y *Bacteroidota* (~25%); mientras que, los filos *Actinomycetota* (~5%), *Pseudomonadota* (~5%) y *Verrucomicrobiota* se encuentran en menor proporción (Das, 2022; Papakonstantinou et al., 2022; Valencia et al., 2025). En estado de eubiosis, todos estos microorganismos intestinales aseguran un correcto funcionamiento digestivo, participan en el aprovechamiento de nutrimentos, tienen impacto sobre la función inmunológica, ejercen un efecto de barrera favoreciendo la protección

contra infecciones, impactan el metabolismo de fármacos y ayudan en la producción de moléculas moduladoras neuroinmunoendócrinas (Valencia et al., 2025). Dado lo anterior, no es ajeno mencionar que el ser humano y los microorganismos han desarrollado una relación compleja en la cual el hospedero se beneficia; mientras que el bacterioma prospera en un equilibrio mutuamente ventajoso (Kwa et al., 2016).

Derivado de lo anterior, el desequilibrio o la pérdida composicional y/o funcional microbiana, en una magnitud que supera su capacidad funcional nativa y sus competencias de resiliencia, da como resultado lo que conocemos como disbiosis, impactando el sistema inmunológico y presentando una ventaja para la aparición y propagación de patógenos (Alpuim Costa et al., 2021; Das, 2022; Valencia et al., 2025). En otros términos, la disbiosis se asocia con una reducción de la diversidad α y un bajo grado de inflamación espontánea de la barrera mucosa (Alpuim Costa et al., 2021).

La perturbación del bacterioma intestinal parece estar asociada con mayor riesgo de desarrollar enfermedades inflamatorias, autoinmunes y malignas, ya sea de forma local o en órganos distantes; como ocurre con el cáncer de mama (Alpuim Costa et al., 2021; Kwa et al., 2016; Valencia et al., 2025). Por lo cual, el bacterioma podría ser una pieza clave para identificar aquellos individuos con riesgo de desarrollar cáncer de mama, anticipar el pronóstico, la farmacocinética, farmacodinámica y la eficacia clínica de los tratamientos antineoplásicos (Vitorino et al., 2022).

2.5.2 Relación entre la dieta y el bacterioma intestinal

El bacterioma intestinal es susceptible de ser modificado por la dieta, factores ambientales, la genética del hospedero, edad, género, estado de salud y estilo de vida (Das, 2022; Valencia et al., 2025). En este contexto, la dieta representa un modulador dominante de las comunidades bacterianas y sus funciones (Roggiani et al., 2023). Los microorganismos responden de manera compleja a los cambios dietéticos, ya que pueden actuar como amortiguadores ante cambios transitorios en la alimentación, protegiendo al hospedero contra probables cambios fisiológicos. Sin embargo, modificaciones alimentarias

más drásticas pueden dar lugar a alteraciones rápidas en la composición del bacterioma en tan solo unos pocos días (Abdeen et al., 2025).

El contenido dietético impacta a los microorganismos intestinales a través de una diversa variedad de mecanismos (Abdeen et al., 2025). Dentro de la dieta existen algunos componentes que no pueden ser digeridos por el tracto digestivo humano, como lo es la fibra dietética; la cual, al llegar al colon es aprovechada por microorganismos que contienen una gran variedad de enzimas capaces de digerir y utilizar los metabolitos para su propio desarrollo, inhibiendo la proliferación de patógenos y generando metabolitos bioactivos asimilables por el cuerpo humano (Valencia et al., 2025). Los metabolitos bioactivos generados se unen a sus receptores diana, activan cascadas de señalización y modulan vías metabólicas con efectos locales y sistémicos, entre ellos el sistema inmunológico (Valencia et al., 2025). Es importante mencionar que la efectividad bioquímica para mantener la salud depende de la calidad de los nutrimentos y los microorganismos que habitan el tracto gastrointestinal (Valencia et al., 2025).

Por ejemplo, los micronutrimentos pueden promover directamente el crecimiento de algunos microorganismos a expensas de algunos otros (Abdeen et al., 2025). Los componentes de la dieta también pueden ocasionar daño a nivel de la barrera intestinal, permitiendo sobrecrecimiento de patobiontes a expensas de los comensales beneficiosos. Algunos metabolitos regulados por microorganismos pueden modular el sistema inmunológico a nivel de las mucosas, impactando la fisiología intestinal, lo que incluye la composición y función del bacterioma. A su vez, los compuestos alimentarios pueden ejercer una respuesta inflamatoria a nivel de las mucosas a través de la altercación del bacterioma o, de forma contraria, regular la respuesta inmunitaria adaptativa del hospedero a través de la presentación de antígenos relacionados con los alimentos (Abdeen et al., 2025).

La dieta también puede modular la composición y actividad de las bacterias intestinales que poseen genes funcionales relacionados con el metabolismo de los estrógenos; en conjunto, estos genes conforman el estroboloma. El estroboloma está mediado por la actividad de las β-glucuronidasas (BGUS), las cuales son enzimas que tienen

la capacidad de desconjugar los estrógenos permitiendo su reabsorción a la circulación sistémica (Kwa et al., 2016; Larnder et al., 2025). La actividad de las BGUS puede ser modificada mediante la dieta; por ejemplo, las dietas altas en grasa o proteína pueden aumentar la actividad de la BGUS; mientras que las dietas altas en fibra pueden disminuirla (Kwa et al., 2016).

Así como la dieta es reconocida como un determinante clave en las variaciones del bacterioma intestinal, este también tiene la capacidad de modificar la respuesta del organismo a la dieta y mediar sus efectos sobre la salud (Sanz et al., 2025). En este contexto, el bacterioma impacta funciones sistémicas del hospedero como la nutrición, el metabolismo, el equilibrio energético, la inflamación y la inmunidad adaptativa (Ma et al., 2019). Encontrando además que los patrones de composición microbiana pueden ser específicos para estados de desnutrición u obesidad. Sin embargo, las vías exactas por medio de las cuales estos microorganismos intestinales ejercen influencia sobre el balance energético son complejas, diversas y poco comprendidas (Fluitman et al., 2017).

2.5.3 Impacto del bacterioma intestinal en la carcinogénesis de la glándula mamaria

Debido a que el intestino constituye un regulador clave en la homeostasis sistémica, las alteraciones en el equilibrio de su bacterioma pueden generar efectos en cascada en diferentes órganos y sistemas del organismo. Este concepto resulta esencial para comprender la posible participación del bacterioma intestinal en enfermedades como el cáncer de mama (Nazeer et al., 2025). En consecuencia, el bacterioma intestinal puede desempeñar un papel protector o perjudicial en el desarrollo de neoplasias malignas de mama mediante la síntesis de compuestos bioactivos, como los estrógenos libres, los fitoestrógenos, los ácidos grasos de cadena corta (AGCC), el ácido litocólico y la cadaverina (Alpuim Costa et al., 2021; Zhang et al., 2021). Asimismo, diversos mediadores inmunológicos e inflamatorios como los receptores tipo toll (TLR) y las citocinas, participan en la comunicación entre el bacterioma y el hospedero, contribuyendo a la activación de vías de señalización relacionadas con la carcinogénesis (Zhang et al., 2021).

La asociación existente entre los microorganismos intestinales y la carcinogénesis de la glándula mamaria se explica por la influencia que ejerce el bacterioma intestinal sobre el metabolismo del hospedero, la función inmunológica y la integridad de la barrera intestinal (Kwa et al., 2016; Nazeer et al., 2025; J. Zhang et al., 2021). Adicionalmente, las bacterias intestinales participan de forma importante en el metabolismo estrogénico, en la activación de vías inflamatorias y la producción de compuestos genotóxicos, los cuales son factores altamente relacionados con la oncogénesis (Nazeer et al., 2025). Por lo anterior, el microbioma, caracterizado por su naturaleza polimórfica, es reconocido actualmente como una de las características fenotípicas facilitadoras del cáncer; lo que implica que ha pasado de considerarse un factor ambiental a ser un componente intrínseco y dinámico del ecosistema tumoral (Hanahan, 2026; Nazeer et al., 2025).

Para comprender mejor el papel del bacterioma intestinal en la tumorigénesis mamaria, resulta importante introducir el concepto de eje intestino-glándula mamaria, el cual hace referencia a una red de comunicación bidireccional entre ambos órganos, que comprende la circulación sistémica de metabolitos microbianos, células inmunológicas y hormonas (Nazeer et al., 2025). En este sentido, se ha observado que la composición del bacterioma mamario no depende exclusivamente de la migración de bacterias cutáneas a través de la areola, sino que también puede surgir por medio de la traslocación de microorganismos provenientes del intestino (Nazeer et al., 2025; Papakonstantinou et al., 2022). La transferencia de bacterias intestinales podría suceder a través de la vía enteromamaria, caracterizada por la traslocación bacteriana del intestino a los nódulos linfáticos secundarios por medio de las células inmunológicas. Una vez en los nódulos linfáticos, los microorganismos pueden llegar a las mamas a través de la circulación sanguínea o linfática desencadenando respuestas inflamatorias (**Figura 18**) (Papakonstantinou et al., 2022).

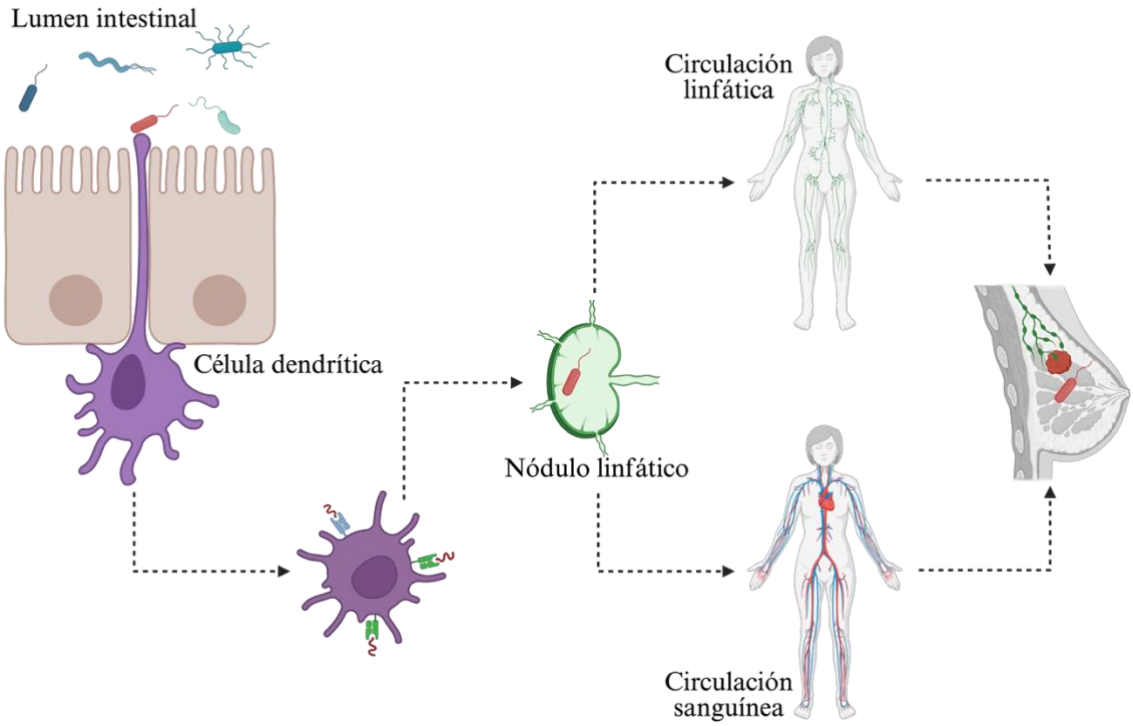


Figura 18. Vía enteromamaria y su probable relación con el cáncer de mama. Creado con https://BioRender.com

Otra de las vías propuestas por las que el bacterioma intestinal influye en el desarrollo del cáncer de mama es mediante la modulación del sistema inmunológico y la inflamación crónica (Nazeer et al., 2025). La disbiosis intestinal constituye un factor que favorece la inflamación sistémica de bajo grado y la disfunción inmunológica. En las mujeres, el origen de la disbiosis está relacionado con factores exógenos, como la terapia de reemplazo hormonal, la ingesta de alcohol y el tabaquismo; así como con factores endógenos, entre ellos la etnia, el sobrepeso, la obesidad, la menopausia y las mutaciones genéticas en BRCA1/2 (Alpuim Costa et al., 2021). Durante la disbiosis puede ocurrir un aumento en la permeabilidad intestinal, lo cual permite la traslocación de patrones moleculares asociados a microorganismos (MAMPs) como los LPS. Estos MAMPs son reconocidos por receptores de reconocimiento de patrones (PRRs) como los TLR, presentes en células epiteliales e inmunológicas, activando las vías de señalización NF-κB y STAT3. Finalmente, las vías NF-κB y STAT3 promueven la síntesis de citocinas proinflamatorias como TNF-α, IL-1β,

IL-6 e IL-23, que contribuyen a la progresión tumoral, la evasión de la respuesta inmunitaria y la metástasis (Nazeer et al., 2025; Papakonstantinou et al., 2022).

Aunque los mecanismos que vinculan el bacterioma intestinal con la carcinogénesis mamaria aún no se comprenden en su totalidad, la alteración del metabolismo de los estrógenos inducida por los microorganismos intestinales constituye una de las vías propuestas con mayor respaldo científico en la actualidad (Alpuim Costa et al., 2021; Kwa et al., 2016; Nazeer et al., 2025).

2.5.4 Papel del estroboloma en la carcinogénesis mamaria

La microbiota intestinal tiene la capacidad de modular la circulación enterohepática y la reabsorción de estrógenos por medio del estroboloma (Alpuim Costa et al., 2021; Kwa et al., 2016; Zhang et al., 2021). El metabolismo estrogénico ocurre principalmente en el hígado, en dónde estas hormonas son conjugadas y posteriormente excretadas a la bilis para ser transportados hacia el intestino delgado. En el tracto intestinal, los estrógenos conjugados pueden ser desconjugados por BGUS, tras ese proceso los metabolitos resultantes son reabsorbidos en el intestino distal y transportados a través de la vena porta hacia la circulación sistémica y tejidos periféricos, incluida la glándula mamaria (Zhang et al., 2021).

Por lo anterior, un estroboloma enriquecido en enzimas BGUS podría llevar a un aumento en la desconjugación y reabsorción de estrógenos, elevando sus concentraciones sistémicas. Una vez en circulación, los estrógenos libres pueden interactuar con los receptores estrogénicos presentes en el tejido mamario, incrementando el riesgo de desarrollar cáncer de mama hormono-dependiente (**Figura 19**) (Alpuim Costa et al., 2021; Larnder et al., 2025; Papakonstantinou et al., 2022). La actividad BGUS se ha identificado en algunas especies pertenecientes a diversos géneros bacterianos intestinales, entre ellos *Bifidobacterium, Collinsella, Citrobacter, Escherichia, Edwardsiella, Tannerella, Bacteroides, Alistipes, Clostridium, Roseburia, Lactobacillus, Ruminococcus* y *Faecalibacterium* (Kwa et al., 2016; Larnder et al., 2025).

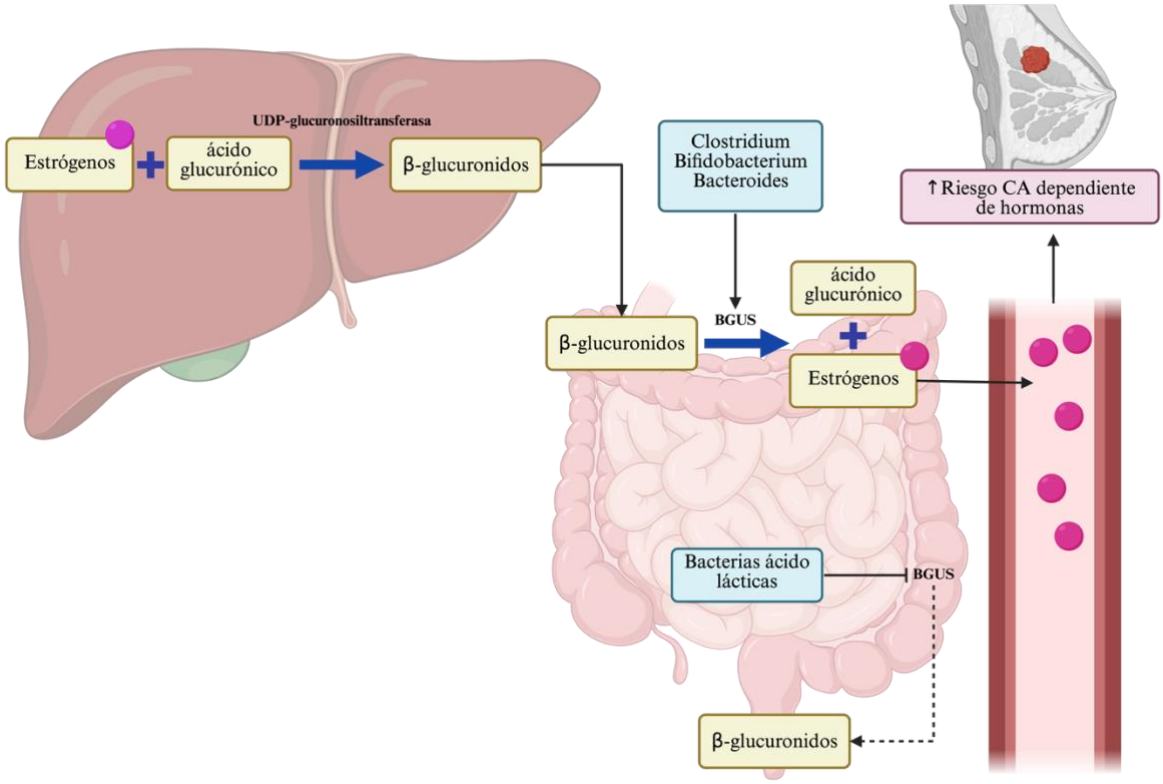


Figura 19. Estroboloma y su relación con el desarrollo de cáncer de mama. Creado con https://BioRender.com

Aun cuando la modulación del metabolismo estrogénico por parte del estroboloma representa un mecanismo biológicamente plausible para explicar la relación entre el bacterioma intestinal y el cáncer de mama, hasta la fecha no se ha identificado una firma microbiana específica asociada con esta neoplasia maligna (Larnder et al., 2025). Previamente se ha observado una menor diversidad bacteriana y mayor proporción de bacterias aeróbicas facultativas en pacientes con cáncer de mama. Además, aun cuando los estrógenos desempeñan un papel fundamental en la carcinogénesis mamaria, también se involucra una interacción compleja de factores genéticos, celulares y ambientales (Larnder et al., 2025).

2.6 Bacterioma intestinal en pacientes con cáncer de mama durante las diferentes fases del tratamiento

2.6.1 Bacterioma intestinal en mujeres con cáncer de mama previo al inicio de la quimioterapia

Dado que la evidencia emergente sugiere una importante asociación entre la composición del bacterioma intestinal y el cáncer de mama, diferentes estudios han explorado las variaciones en la diversidad microbiana a lo largo de las diferentes etapas del tratamiento antineoplásico (Zhou et al., 2025). En este contexto, algunos investigadores se han centrado en el estudio del bacterioma intestinal en pacientes con cáncer de mama previo al inicio del tratamiento quimioterapéutico. Por ejemplo, Kabbej et al. (2026) reportaron una disminución en la diversidad α de pacientes postmenopáusicas con cáncer de mama hormonodependiente. Además de la disminución del género *Akkermansia*. De forma similar, Goedert et al. (2015) realizaron un estudio en pacientes postmenopáusicas observando una diversidad α significativamente menor en las mujeres con cáncer en comparación con el grupo control. Asimismo, evidenció una mayor abundancia de las familias Clostridiaceae y Ruminococcaceae y del género *Faecalibacterium* en el grupo con cáncer. Mientras que el grupo control presentó mayor abundancia de la familia Lachnospiraceae y del género *Dorea.*

Por su parte, Byrd et al. (2021) realizaron un estudio en mujeres de diferentes rangos de edad, evidenciando una diversidad α disminuida en comparación con el grupo control. Adicionalmente observaron que los géneros *Faecalibacterium* y *Prevotella*, así como la familia Ruminococcaceae estaban asociados al cáncer de mama. En otro estudio realizado en pacientes en edad reproductiva, se encontró una disminución significativa de la diversidad α y una diferencia significativa en cuanto a la diversidad β al comparar con controles sanas (Zhou et al., 2025). A su vez, se ha evidenciado un enriquecimiento de las familias Lachnospiraceae, Enterobacteriaceae y Clostridiaceae y de los géneros *Streptococcus spp*., *Veillonella spp*., *Bacteroides spp*. y *Eggerthella ramosum* en pacientes con tumores agresivos (Zhou et al., 2025).

De la misma forma, se han observado diferencias en la composición del bacterioma intestinal de acuerdo con el subtipo molecular del tumor. Por ejemplo, en el subtipo Luminal A se encontró una mayor abundancia de los filos *Verrucomicrobiota* y *Cyanobacteriota*. El luminal B mostró una mayor abundancia de *Fusobacteriota*, mientras que el TNBC presentó un incremento del filo *Actinomycecota*. Por su parte, en las pacientes con tumores HER2 + se evidenció una mayor abundancia de los géneros *Alistipes*, *Enterococcus* y *Acidaminococcus* y menor abundancia de *Methanobrevibacter*, *Christensenellaceae*, *Turicibacter*, *Clostridium*, *Blautia*, *Coprococcus*, *Ruminococcus* y *Desulfovibirio* en comparación con los tumores HER2 negativos (Zhou et al., 2025).

Sin embargo, los resultados inconsistentes entre los diferentes estudios y la variabilidad observada tanto en las pacientes con cáncer de mama como en los perfiles de bacterioma intestinal, dificultan establecer una firma bacteriana específica. En este contexto, solo los géneros bacterianos *Actinomyces* y *Shewanella* se han asociado de manera consistente con el cáncer de mama (Zhou et al., 2025). Además de identificar aquellas bacterias probablemente relacionadas con el desarrollo del cáncer de mama, el estudio del bacterioma intestinal podría permitir la identificación de aquellos microorganismos relacionados con el aumento de los efectos adversos derivados del tratamiento. En este sentido, se ha asociado la disminución en la diversidad α con peores efectos adversos a nivel gastrointestinal durante el tratamiento quimioterapéutico, por cual se ha propuesto que la disbiosis a nivel intestinal podría influir de manera importante sobre la respuesta al tratamiento y la gravedad de los efectos adversos derivados de la terapia oncológica (Kabbej et al., 2026).

2.6.2 Interacción entre el bacterioma intestinal y la quimioterapia en mujeres con neoplasias malignas de mama

Existe una relación bidireccional entre el bacterioma intestinal y la quimioterapia. Por un lado, el bacterioma influencia la eficacia de los tratamientos al modular la respuesta inmunológica y modificar la farmacocinética y la farmacodinámica de los tratamientos mediante diversos mecanismos, entre ellos, el metabolismo de los medicamentos, la

modulación de su absorción, la alteración en la expresión génica del hospedero, la producción de metabolitos bioactivos y la bioacumulación de fármacos; mientras que por el otro, la quimioterapia afecta la estabilidad del bacterioma con potenciales repercusiones a corto y largo plazo (Hsu et al., 2025; Roggiani et al., 2023). La respuesta del bacterioma intestinal a la quimioterapia constituye un proceso multifactorial que depende de diversos factores relacionados con el tratamiento, como el tipo y dosis de terapia antineoplásica. Asimismo, intervienen variables propias del paciente y de la enfermedad, entre ellas el tipo y el estadio del cáncer, la administración concomitante de otros fármacos, las características demográficas, antropométricas, bioquímicas, genéticas, inmunológicas y dietéticas, así como la composición basal del bacterioma intestinal (Roggiani et al., 2023).

La quimioterapia puede propiciar cambios importantes en la composición del bacterioma intestinal mediante mecanismos directos e indirectos que afectan su biodiversidad, composición y metabolismo (Roggiani et al., 2023; Zhou et al., 2025). Los efectos indirectos se producen como consecuencia de las alteraciones fisiológicas inducidas por el tratamiento, entre las que destacan la toxicidad gastrointestinal, la desnutrición, la mielosupresión, la hepatotoxicidad y los síntomas neurológicos (Roggiani et al., 2023). Estas complicaciones tienen como base la destrucción de la barrera mucosa del tracto gastrointestinal, la mucositis, la muerte de las células epiteliales y la malabsorción, alteraciones que tienen una relación bidireccional con la disbiosis intestinal (Roggiani et al., 2023).

Estudios previos han demostrado que la quimioterapia es capaz de disminuir de forma importante la proporción de bacterias comensales beneficiosas, como *Faecalibacterium prausnitzii* y *Bifidobacterium spp*, a la vez que favorece el sobrecrecimiento de bacterias oportunistas (Nazeer et al., 2025). Asimismo, el tratamiento con doxorrubicina durante cuatro semanas induce cambios significativos en la diversidad β, mientras que la diversidad α permanece sin cambios (Zhou et al., 2025). Por su parte Wu et al. (2022) observaron que, tras recibir quimioterapia neoadyuvante, las pacientes con cáncer de mama presentaron un aumento significativo de la diversidad α. Además, se evidenció una disminución en la abundancia de los géneros *Alistipes* y *Akkermansia* y un aumento en la

abundancia de *Cetenibacterium*, *Eubacterium* y *Clostridium*. De igual forma Aarnoutse et al. (2022) encontraron una disminución en la diversidad α de mujeres sometidas a tratamiento quimioterapéutico. Adicionalmente observaron un aumento del género *Lactobacillus* y del orden Enterobacterales.

El bacterioma intestinal mantiene una influencia significativa sobre la eficacia y el perfil de toxicidad del tratamiento quimioterapéutico. Esto quiere decir que además de modificar la biodisponibilidad de los fármacos, las bacterias intestinales también pueden contribuir a la aparición de efectos secundarios como la mucositis y la mielosupresión (Laborda-Illanes et al., 2020; Nazeer et al., 2025; Viswanathan et al., 2023). Lo que implica que dependiendo de la composición del bacterioma intestinal, una misma dosis farmacológica puede desencadenar efectos considerablemente distintos entre pacientes (Laborda-Illanes et al., 2020; Ma et al., 2019; Nazeer et al., 2025; Viswanathan et al., 2023).

Se ha encontrado, por ejemplo, que las bacterias intestinales influyen en la eficacia o toxicidad de fármacos quimioterapéuticos como el irinotecán, la ciclofosfamida y las sales de platino, estas dos últimas utilizadas en el tratamiento del cáncer de mama (Laborda-Illanes et al., 2020; Viswanathan et al., 2023). En pacientes con cáncer de mama, se ha observado que una mayor abundancia del género *Bacteroides* previo al inicio de la quimioterapia neoadyuvante, estaba relacionada con una baja respuesta al tratamiento quimioterapéutico; mientras que las pacientes con enriquecimiento en *Coprococcus* y *Ruminococcus* presentaban una repuesta favorable a la quimioterapia (Zhou et al., 2025).

Por otra parte, se ha observado que el sobrecrecimiento de bacterias parcialmente toxigénicas, junto con la disminución de bacterias beneficiosas implicadas en funciones metabólicas esenciales, podrían favorecer la aparición de náuseas y vómitos en mujeres con cáncer de mama bajo esquema quimioterapéutico (Nguyen et al., 2024). Además, el bacterioma intestinal también impacta la eficacia de las terapias dirigidas contra HER2 (Hsu et al., 2025). Se ha descrito que pacientes con tumores malignos de mama que alcanzaron una respuesta patológica completa al tratamiento con trastuzumab, presentaron mayor diversidad α y mayor abundancia de las familias Lachnospiraceae, Turicibacteraceae,

Bifidobacteriaceae y Prevotellaceae en comparación con las pacientes que no respondieron al tratamiento (Zhou et al., 2025). Por lo anterior, el bacterioma intestinal puede proveer una nueva vía para mejorar la eficacia de los tratamientos antineoplásicos y reducir la toxicidad de la quimioterapia (Ma et al., 2019).

2.6.3 Bacterioma intestinal en la mujer en remisión del cáncer de mama

Se ha propuesto que el bacterioma intestinal podría fungir como un marcador de recurrencia para el cáncer de mama (Hou et al., 2026). No obstante, las investigaciones relacionadas con las bacterias intestinales en mujeres en remisión del cáncer de mama son escasas. En un estudio realizado por Caleça et al. (2023), se observó que las participantes del grupo en remisión tenían una diversidad α significativamente mayor. Asimismo, la diversidad β difirió de forma significativa entre ambos grupos. Además, la relación *Firmicutes*/*Bacteroidetes* fue significativamente menor ($p < 0.001$) en mujeres de cáncer de mama en remisión en comparación con el grupo control, lo que podría ser un indicio de disbiosis intestinal.

Por su parte, Hou et al. (2026) realizaron un estudio en donde evaluaron los posibles cambios en el bacterioma intestinal inducidos por el tamoxifeno o el letrozol, encontrando que la diversidad β se mantenía sin cambios significativos ante la administración de estos fármacos. En la actualidad, se desconoce por cuánto tiempo persisten los cambios en el bacterioma intestinal tras el término del tratamiento antineoplásico (Caleça et al., 2023), lo que resalta la necesidad de realizar más estudios para comprender mejor la composición e implicaciones de las comunidades bacterianas en mujeres en remisión del cáncer de mama.

2.7 Eje intestino – músculo y su relación con el catabolismo muscular en oncología

Para comprender la desnutrición asociada al cáncer desde una perspectiva microecológica es importante considerar las interacciones entre el microambiente tumoral, las alteraciones metabólicas, la respuesta inflamatoria, el sistema inmunológico y el bacterioma intestinal (Wang et al., 2023). Ya que además de ejercer su influencia sobre el

metabolismo de las células tumorales, el bacterioma participa en la absorción de nutrimentos, la regulación inmunometabólica y otros procesos para el mantenimiento del estado nutricional (Wang et al., 2023).

En los últimos años se ha propuesto que el bacterioma intestinal tiene influencia sobre el metabolismo muscular desempeñando un papel fundamental en la regulación de la cantidad y función del músculo esquelético, mediante la modulación de la inflamación sistémica, la respuesta inmunológica, el metabolismo energético y de nutrimentos así como la sensibilidad a la insulina (Bindels & Delzenne, 2013; Zhao et al., 2021). En consecuencia, se propuso la hipótesis del eje intestino-músculo para hacer referencia a la red de comunicación bidireccional, mediante el cual el bacterioma intestinal influye de forma directa o indirecta sobre la cantidad y función de la masa muscular esquelética (Giron et al., 2022; Zhao et al., 2021).

La inflamación crónica de bajo grado constituye uno de los mecanismos implicados en el catabolismo muscular. Esta inflamación puede surgir a partir del proceso tumoral, pero también puede originarse a consecuencia de la disbiosis intestinal (**Figura 20**), en la cual bacterias patógenas como la *Escherichia coli*, interactúan con las células epiteliales intestinales e inducen la síntesis de citocinas proinflamatorias como la IL-1β y el TNF-α, perpetuando la inflamación y agravando la permeabilidad del intestino (Zhao et al., 2021). Otra de las vías que podría estar implicada en el eje intestino – músculo es la vía de los TLR - NF-κB (**Figura 20**), ya que la activación del factor de transcripción NF-κB en el músculo favorece la proteólisis (Bindels & Delzenne, 2013).

Adicionalmente, se ha demostrado que la sarcopenia está relacionada con una disminución en la abundancia de bacterias productoras de AGCC como *Roseburia* y *Eubacterium* (Giron et al., 2022). En consecuencia, la disminución en la abundancia de bacterias productoras de AGCC, principalmente butirato, puede llevar al incremento de la permeabilidad intestinal, favoreciendo la traslocación de LPS en el torrente sanguíneo. Por su parte, los LPS propician un estado de inflamación crónica de bajo grado a nivel sistémico y agravan la atrofia muscular (**Figura 20**) (Ardis et al., 2025). Por lo cual, mantener un

estado de eubiosis intestinal en los pacientes con cáncer resulta especialmente relevante, ya que esto podría contribuir a contrarrestar los efectos adversos derivados de la enfermedad y el tratamiento (Zhao et al., 2021).

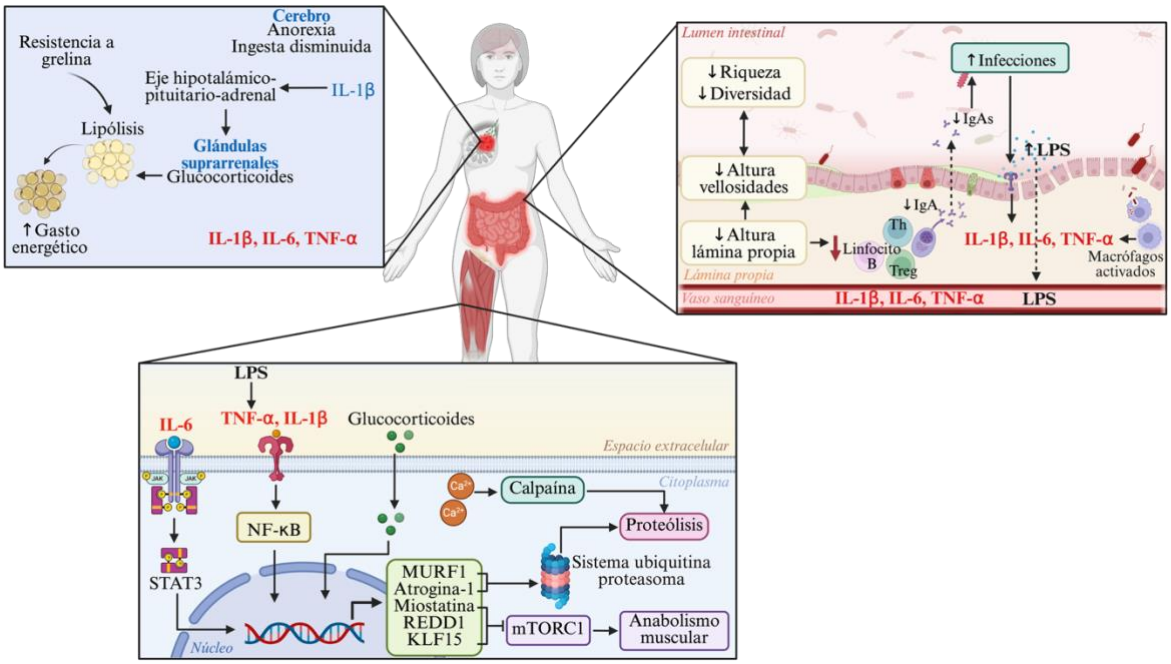


Figura 20. Eje intestino – músculo en la paciente con cáncer de mama. Creado con https://BioRender.com

En el contexto de la caquexia por cáncer, se ha demostrado que la disbiosis intestinal favorece el desarrollo de este síndrome al incrementar la permeabilidad intestinal, promover la translocación de compuestos microbianos proinflamatorios y alterar la producción de metabolitos microbianos que contribuyen a la atrofia del músculo esquelético (Wu et al., 2024). Por ejemplo, Ubachs et al. (2021) observaron en pacientes con diferentes tipos de cáncer, que aquellos diagnosticados con caquexia tenían una mayor abundancia de bacterias pertenecientes al filo *Proteobacteria* y al género *Veillonella*. Además, encontraron que este género tenía una fuerte correlación con la pérdida de peso. Adicionalmente, evidenciaron que los pacientes con caquexia presentaban menores concentraciones de acetato.

Por su parte, Wu et al. (2024) evaluaron la composición bacteriana intestinal en pacientes con cáncer gástrico encontrando que el enriquecimiento del filo *Proteobacteria* y

del género *Bacteroides* se asociaban significativamente con la caquexia. También demostraron que la cepa enterotoxigénica de *Bacteroides fragilis* estaba asociada con el desarrollo de caquexia en el cáncer gástrico y podría contribuir a la pérdida de tejido muscular y adiposo. Ni et al. (2021) realizaron un estudio en pacientes con cáncer de pulmón, evidenciando que aquellos que cursaban con caquexia tenían una menor abundancia de *Prevotella copri*, *Faecalibacterium prausnitzii* y *Lactobacillus gasseri* y mayor abundancia de *Klebsiella oxytoca* y *Methanobrevibacter smithii*. En la actualidad, la evidencia disponible sobre la relación entre el bacterioma intestinal y la caquexia proviene principalmente de estudios realizados en modelos murinos. En contraste, los estudios clínicos en pacientes con cáncer son escasos (Ni et al., 2021) y hasta donde sabemos, no se ha investigado la asociación entre la caquexia y el bacterioma intestinal en pacientes con cáncer de mama.

2.8 Tratamiento nutricional en la paciente con cáncer de mama

2.8.1 Abordaje nutricional de la paciente con cáncer de mama

La nutrición desempeña un papel vital en el tratamiento integral del cáncer, ya que contribuye a conservar la función inmunológica, mantener los niveles de energía y reducir los efectos adversos de las terapías oncológicas, favoreciendo mejores desenlaces clínicos (Crespo-García et al., 2026; Reytor-González et al., 2025). Asimismo, se considera un factor modificable con capacidad de influir en la evolución del cáncer más allá de las terapias dirigidas al tumor, al modular procesos como la respuesta inmunológica, la adiposidad, la sensibilidad a la insulina, el metabolismo de los estrógenos y la composición del bacterioma intestinal. Por ello, las estrategias nutricionales se reconocen como un componente clave para mejorar la respuesta terapéutica, el pronóstico y la supervivencia de las pacientes (Crespo-García et al., 2026).

Los tratamientos como la quimioterapia y la radioterapia pueden causar anorexia, náuseas, mucositis, diarrea y alteración del sentido del gusto, representado todos estos, signos y síntomas que contribuyen a la desnutrición, pérdida de peso e interrupción en el tratamiento (Reytor-González et al., 2025). Dado lo anterior, la nutrición de precisión en

oncología es un área emergente que tiene como objetivo adaptar las intervenciones dietéticas a las características individuales del paciente diseñando estrategias nutricionales específicas (Crespo-García et al., 2026).

En oncología, las intervenciones nutricionales son más eficaces cuando se implementan desde las etapas tempranas de la enfermedad. Por ello, la implementación de la evaluación nutricional en todos los pacientes con cáncer resulta crucial (Muscaritoli et al., 2021; Wang et al., 2023). En este contexto, para contrarrestar los efectos adversos sobre el estado nutricional y la masa muscular, la evaluación nutricional en conjunto con la intervención dietética debe realizarse de forma simultánea al tratamiento. Además es importante que durante estas evaluaciones se considere el papel del bacterioma intestinal (Wang et al., 2023).

En este contexto, se ha observado que los patrones dietéticos abundantes en alimentos de origen vegetal como la dieta mediterránea, rica en fibra dietética y polifenoles, favorecen una mayor diversidad bacteriana y un enriquecimiento de taxones beneficiosos como *Bacteroidota*, *Prevotella*, *Roseburia*, *Faecalibacterium prausnitzii* y *Akkemansia muciniphila*, relacionados con perfiles metabólicos e inflamatorios favorables (Crespo-García et al., 2026). A su vez, la dieta basada en plantas, caracterizada por un consumo limitado de productos de origen animal y mayor ingesta de alimentos de origen vegetal se ha relacionado con una disminución en la mortalidad por cáncer de mama; sin embargo, aún son necesarios más estudios que respalden su implementación (Jiang & Li, 2024). También se han evaluado los posibles beneficios de la dieta DASH en pacientes con cáncer de mama, esta dieta promueve un consumo elevado de frutas, verduras, cereales integrales, frutos secos y leguminosas, un consumo moderado de productos lácteos bajos en grasa y una ingesta limitada de sodio, bebidas azucaradas, grasas saturadas y carnes rojas (Jiang & Li, 2024).

Las frutas y verduras poseen altas cantidades de fibra dietética y fitoquímicos bioactivos con propiedades antioxidantes y anticancerígenas (Jiang & Li, 2024). En este sentido, se sabe que la interacción entre la dieta y el bacterioma intestinal es bidireccional, esto quiere decir que la fibra dietética y los fitoquímicos son capaces de modificar la

composición y función del bacterioma, mientras que las bacterias intestinales metabolizan estos sustratos, generando metabolitos bioactivos con mayor biodisponibilidad y actividad biológica (Crespo-García et al., 2026; Jiang & Li, 2024).

Aunado a lo anterior, el consumo de fibras fermentables da lugar a la producción de AGCC, los cuales brindan efectos antiinflamatorios, inmunomoduladores y supresores del crecimiento tumoral, favoreciendo la respuesta al tratamiento. Asimismo, la fibra dietética puede contribuir al pronóstico del cáncer de mama a través de la regulación del metabolismo estrogénico, esto es, reduciendo la actividad BGUS (Crespo-García et al., 2026; Jiang & Li, 2024). Además, los fitoestrógenos como las isoflavonas de la soya y los lignanos de la linaza, una vez metabolizados por las bacterias intestinales, dan lugar a compuestos como el S-equol y la enterolactona, que son capaces de modular la señalización del ER y disminuir la síntesis estrogénica. Adicionalmente, se ha demostrado que el consumo soya y lignanos se asocian con una menor mortalidad en pacientes con cáncer de mama y menor riesgo de recurrencia, principalmente en mujeres postmenopáusicas con tumores ER+ (Crespo-García et al., 2026).

De forma adicional a la dieta, la adopción de un estilo de vida saludable en la paciente con cáncer de mama, debe incluir la realización de 150 minutos semanales de ejercicio físico. En relación con esto, previamente se ha estudiado que la realización de ejercicio dentro del tiempo establecido puede disminuir la tasa de mortalidad hasta en un 50 % en pacientes con cáncer de mama (Bodai & Nakata, 2020).

2.8.2 Tratamiento nutricional en la mujer con cáncer de mama en remisión

Una alta proporción de pacientes con cáncer de mama sobreviven libres de enfermedad durante muchos años, lo que ha impulsado a establecer planes de atención específicos para esta población. El objetivo de los planes de atención es abordar aspectos del estilo de vida que influyen de manera favorable en diversas comorbilidades crónicas, disminuyen el riesgo de recurrencia y aumentan la supervivencia global (Bodai & Nakata, 2020). Sin embargo, en la actualidad las recomendaciones relacionadas con el estilo de vida se encuentran insuficientemente desarrolladas (Bodai & Nakata, 2020).

La tasa de recurrencia del cáncer de mama es del 59.7 %, por lo que la alimentación y la actividad física representan factores modificables de especial interés para favorecer la sobrevida libre de enfermedad (Bruinsma et al., 2021). En este contexto, se ha evidenciado que la dieta mediterránea reduce el riesgo de muerte y de recurrencia del cáncer. En un estudio realizado por Berrino et al. (2024) en dónde se empleó una dieta mediterránea-macrobiótica, caracterizada por la reducción del consumo de hidratos de carbono con alto índice glucémico y grasas saturadas, así como una mayor ingesta de fibra dietética, productos de soya y otros alimentos ricos en fitoestrógenos y omega-3, se observó que una elevada adherencia a la dieta se asociaba con una reducción del 41 % en el riesgo de recaída del cáncer de mama.

Asimismo, se ha observado que la dieta mediterránea mejora la salud metabólica mediante la regulación del bacterioma intestinal y la disminución de la endotoxemia metabólica (Wang et al., 2023). El bacterioma intestinal también desempeña un papel importante en el riesgo de recurrencia de los tumores malignos de mama hormonodependientes. En pacientes sin enfermedad activa, la disminución de bacterias con actividad BGUS ejerce un papel protector al modular la concentración de estrógenos circulantes (Bodai & Nakata, 2020). Además, las dietas ricas en fitoestrógenos se han asociado con un menor riesgo de recurrencia y de mortalidad en pacientes posmenopáusicas con terapia hormonal (Crespo-García et al., 2026).

Adicionalmente, se ha demostrado que la realización de actividad física posterior al diagnóstico oncológico reduce el riesgo de recurrencia del cáncer de mama hasta en un 24 %. Incluso, la práctica de ejercicio moderado, como caminar 30 minutos al día cinco veces por semana, podrían favorecer considerablemente la salud general (Bodai & Nakata, 2020). Además, la American Cancer Society recomienda realizar al menos 150 min semanales de actividad aeróbica y dos sesiones semanales de entrenamiento de fuerza, en conjunto con un plan de alimentación alto en alimentos de origen vegetal y granos enteros (Dieli-Conwright et al., 2022). La evidencia indica que las intervenciones sobre el estilo de vida que incluyen tanto la alimentación como la realización de ejercicio, constituyen estrategias complementarias para reducir el riesgo de recurrencia (Bodai & Nakata, 2020).

III. Hipótesis

Las mujeres con cáncer de mama previo al tratamiento quimioterapéutico, en quimioterapia y remisión presentan desnutrición en comparación con las mujeres sin enfermedad oncológica.

Las mujeres con cáncer de mama presentan un bacterioma intestinal diferente de acuerdo con la fase de la enfermedad. Además, el bacterioma del grupo sin cáncer difiere del observado en cada fase del cáncer de mama.

IV. Objetivos

4.1 Objetivo general

Analizar el estado nutricional y bacterioma intestinal en mujeres con cáncer de mama previo al tratamiento quimioterapéutico, en quimioterapia o en remisión y comparar con individuos sin cáncer.

4.2 Objetivos específicos

En mujeres con cáncer de mama previo a la quimioterapia, en quimioterapia o remisión:

1. Evaluar el estado nutricional por diferentes metodologías y comparar con controles sin cáncer.
2. Comparar la composición del bacterioma intestinal con controles sin enfermedad oncológica.

V. Materiales y Métodos

a. Población de estudio

El presente estudio incluyó un total de 66 pacientes con cáncer de mama divididas en tres grupos: pacientes con cáncer de mama pre-quimioterapia (n= 21), en quimioterapia (n= 24) y en remisión (n= 21). A su vez, se evaluaron 33 participantes sin enfermedad oncológica. Las pacientes fueron reclutadas en el piso de consulta externa del área de oncología y en la sala de quimioterapia del HGQ. Asimismo, se extendió la invitación a pacientes que acudían a Mujeres Unidas Contra el Cáncer de Mama A.C. (MUCCAM) y a Grupo Reto I.A.P. Por su parte, se difundió una invitación al público en general y a familiares de las pacientes atendidas para conformar la población del grupo control. Para la selección de la población de estudio se consideraron los siguientes criterios:

Criterios de selección para mujeres con cáncer de mama

Criterios de inclusión

- Edad ≥ 19 años.
- En pre-quimioterapia, quimioterapia o remisión.
- Se aceptaron pacientes con terapia hormonal dentro del grupo remisión.
- Firma de consentimiento informado.

Criterios de exclusión

- Antecedentes personales de enfermedad oncológica.
- Con terapia de reemplazo renal.
- Enfermedad hepática.
- Deterioro cognitivo.
- Consumo de prebióticos, probióticos o antibióticos el mes previo a la recolección de la muestra.
- Haber concluido el tratamiento oncológico menos de 4 meses o más de 5 años antes del inicio del estudio.

Criterios de selección para participantes sin cáncer

Criterios de inclusión

- Edad ≥ 19 años.
- Firma de consentimiento informado.

Criterios de exclusión

- Enfermedad oncológica activa
- Antecedentes personales de enfermedad oncológica.
- Diabetes, hipertensión o hipotiroidismo.
- Enfermedad inflamatoria intestinal.
- Síndrome de ovario poliquístico o miomas.
- Con terapia de reemplazo renal.
- Con enfermedad hepática.
- Deterioro cognitivo.
- Consumo de prebióticos, probióticos o antibióticos el mes previo a la recolección de la muestra.

El tamaño de muestra se calculó por medio de la fórmula de dos o más medias paralelo considerando un error alfa de 0.05 y un poder estadístico de 0.8 para detectar una diferencia de 0.4 en el índice de Shannon, con una desviación estándar en el grupo control de 0.54 y en el grupo de pacientes de 0.46; además de considerar una razón de 1.5, lo que dio como resultado un número de 30 sujetos requeridos para el grupo control y 20 individuos para el grupo con cáncer a lo cual se le agregó un porcentaje esperado de casos perdidos del 8%, dando como resultado 33 participantes en el grupo control y 22 en cada uno de los grupos con enfermedad oncológica.

Todas las participantes recibieron información oral y escrita acerca del estudio y firmaron el consentimiento informado (**Anexo 8**). El proyecto fue previamente aprobado por los comités de bioética de la Facultad de Ciencias Naturales, UAQ (no. registro 13174) y el HGQ de la Secretaría de Salud del Estado de Querétaro (no. registro 444/11-03-2024). Además, se siguieron las directrices éticas de la World Medical Association Declaration of

Helsinki (World Medical Association, 2013) y la Ley General de Salud de México (Diario Oficial de la Federación, 1984).

b. Diseño de estudio

El presente es un estudio transversal comparativo. Una vez incluidas las participantes, se aplicaron los siguientes cuestionarios: historia clínica, VGS/VGS-GP, cuestionario de NSE, frecuencia de alimentos y recordatorios de 24 h. Posteriormente, se realizó la toma de peso y estatura y se evaluó la composición corporal por BIA, en dónde se obtuvo: MLG, MG y AF. Adicionalmente, se midió la FPM. Finalmente, se solicitó una muestra de heces para el análisis del bacterioma intestinal.

c. Metodología

Cuestionarios y tamizaje nutricional

Historia clínica

La historia clínica (**Anexo 2**) incluye datos generales relacionados con antecedentes heredofamiliares, antecedentes personales patológicos y no patológicos, así como historial gineco obstétrico. Adicionalmente, incluye información sobre el diagnóstico oncológico, histología tumoral, estadio y datos sobre la cirugía y el tratamiento oncológico.

VGS/VGS-GP

Como paso inicial en la evaluación del estado nutricio se realizó la valoración nutricional por medio de la VGS para las participantes del grupo control. Para las pacientes con cáncer de mama se empleó la VGS-GP (**Anexo 3**) (Bauer et al., 2002). La VGS es una herramienta validada de valoración nutricional que considera elementos de la historia clínica como cambios en el peso corporal y en la ingesta dietética, síntomas gastrointestinales con ≥ 2 semanas de duración, cambios en la capacidad funcional y exploración física para detectar pérdida de grasa subcutánea, atrofia muscular, edema maleolar o sacro y ascitis. Esta evaluación debe ser realizada por un profesional de la salud (Bauer et al., 2002). Por su parte, la VGS-GP está constituida por una sección que debe ser llenada por el paciente y otra

que deberá ser completada por el profesional de la salud. Ambas versiones del tamizaje permiten clasificar al paciente en una de tres categorías: bien nutrido, con sospecha de desnutrición o desnutrición moderada y desnutrición grave (Bauer et al., 2002).

Nivel socioeconómico

Se realizó el estudio del NSE mediante el cuestionario propuesto por AMAI (**Anexo 4**), el cual agrupa y clasifica los hogares mexicanos en siete niveles de acuerdo con su capacidad para satisfacer las necesidades de sus integrantes. Para la clasificación de los hogares de utilizó la "Regla de NSE 2022" (Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado, 2022).

Antropometría

Peso

El peso se midió usando una báscula digital (SECA modelo 813, Hamburgo, Alemania) con una capacidad de 200 kg y una variación de 0.1 kg. Se solicitó a la participante que se retirara chamarras, objetos de los bolsillos y zapatos. Posteriormente se le pidió que se colocara en bipedestación sobre la báscula y que mantuviera una postura erecta con mirada al frente, brazos relajados y sin moverse y se registró la lectura de la báscula (*Isak - The International Society for the Advancement of Kinanthropometry.*, n.d.). Los datos antropométricos se registraron en el formato correspondiente (**Anexo 5**).

Estatura

La estatura se obtuvo utilizando un estadímetro portátil (SECA modelo 213, Hamburgo, Alemania) con una altura de 205 cm y una precisión de 0.1 cm. La participante se colocó de pie, erecta y descalza sobre la base del estadímetro, se le pidió que mantuviera la vista al frente y las extremidades superiores relajadas. Se colocó la cabeza en el plano de Frankfort, creando una línea horizontal imaginaria desde el tragion hasta el orbitale. Se le pidió al participante que inhalara e inmediatamente se tomó la medida (*Isak - The International Society for the Advancement of Kinanthropometry.*, n.d.).

IMC

El IMC se calculó dividiendo el peso en kg entre la estatura en metros cuadrados. Las participantes con edad ≥ 60 años fueron clasificadas con desnutrición si tenían un IMC < 23 kg/m^2; normopeso con > 23 y < 28 kg/m^2; sobrepeso con > 28 y < 32 kg/m^2 y obesidad si el IMC era > 32 kg/m^2 (Torres Castañón et al., 2017).

Bioimpedancia eléctrica

La metodología para la realización de la impedancia bioeléctrica por medio del RJL (RJL systems Quantum II, Michigan, EUA) consistió en la colocación de cuatro electrodos, dos en la mano derecha y dos en el pie derecho de la paciente en posición supina (Alvero-Cruz et al., 2011). Los electrodos se colocaron en las extremidades del lado izquierdo en aquellas pacientes que presentaban linfedema en el brazo derecho a consecuencia de la patología o el tratamiento. Una vez preparada la paciente se procedió a tomar la lectura del equipo (Alvero-Cruz et al., 2011). El registro de los datos de BIA se realizó en el formato correspondiente (**Anexo 6**).

Dinamometría

La fuerza de prensión manual se evaluó con el paciente sentado, con los pies tocando el piso y el brazo dominante, en el caso de las pacientes con cáncer de mama con efectos secundarios a la extirpación tumoral se utilizó el brazo contrario a la cirugía. El brazo se apoyó sobre una superficie plana, con el hombro en posición neutral, el codo doblado a 90° y la muñeca entre 0 a 30° de dorsiflexión. Se le pidió a la participante que sostuviera el mango del dinamómetro hidráulico manual (Jamar Hidraulic Hand Dynamometer, Missouri, EUA) y se le animó a presionar con la mayor firmeza posible. La medida se realizó por triplicado con descansos de 3 min entre toma (Vaishya et al., 2024). La tabla con los valores de referencia para la evaluación de este indicador se encuentra en el **Anexo 1**. Para el diagnóstico de fuerza baja se consideró un valor por debajo del percentil 20 de acuerdo con la edad de la participante (Tomkinson et al., 2024).

Evaluación de la dieta

Se recolectaron tres recordatorios de 24 h en días aleatorios no consecutivos (**Anexo 7**). Los recordatorios fueron aplicados con un intervalo de 4 a 5 días obteniendo dos cuestionarios de días entre semana y uno de fin de semana (Bailey, 2021). Se recabó información relacionada con la preparación de alimentos y el tamaño de las porciones. Se utilizaron las tablas de uso práctico del valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México para calcular el consumo de energía y macronutrimentos (Chávez Villasana et al., 2014).

Análisis de bacterioma intestinal

Para el análisis de bacterioma intestinal se recolectaron muestras de heces en frascos estériles y se transportaron al Laboratorio de Nutrición Humana, UAQ en una hielera con geles refrigerantes. Posteriormente se pesaron 100 mg de heces y se añadieron 900 µL de DNA/RNA shield (R1100-250, Zymo research, CA, EUA), seguido de lo cual se resguardaron a -80 °C. Posteriormente, se realizó la extracción de ADN usando el Kit ZymoBIOMICS^{TM} DNA Miniprep (D4300, Zymo research, CA, EUA), de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Análisis de concentración y pureza del ADN

Como parte del análisis de calidad, se evaluó la concentración y pureza del ADN de cada una de las muestras por medio de un espectrofotómetro de microvolumen (NanoDrop 2000/2000C, Thermo Scientific, MA, EUA). Se consideró adecuada una concentración de ADN de ≥ 50 ng/µL y una pureza por arriba de 1.80 para las relaciones 260/280 y 260/230.

Evaluación de la integridad del ADN

Para verificar la integridad del ADN se llevó a cabo una electroforesis en gel de agarosa (16500100, Invitrogen, MA, EUA). El procedimiento consistió en preparar un gel de agarosa al 1 % en una solución buffer TAE 10X (24710030, Invitrogen, MA, EUA). Posteriormente, se tomaron 2 µL de muestra y se mezclaron con 3 µL de buffer de carga; la

mezcla obtenida se depositó en uno de los pocillos del gel de agarosa, previamente colocado en la cámara de electroforesis que contenía una solución buffer de corrida para permitir la migración de los fragmentos de ADN. Una vez cargado el gel de agarosa con todas las muestras se procedió a programar la fuente de poder a 70 voltios a 35 min. Finalmente, se procedió a visualizar el gel en un transiluminador (Ultra-Lum modelo Dark Room, CA, EUA).

Secuenciación del ADN región V4 16S rRNA

La secuenciación del ADN fue realizada en el Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo, A. C. (CIAD) en Mazatlán, Sinaloa. La metodología se describe a continuación:

La preparación de la biblioteca para la secuenciación se realizó siguiendo el protocolo *Illumina 16S Metagenomic Sequencing Library Preparation* (Parte # 15044223 Rev. B); brevemente, se amplificó la región variable V4 del gen 16S ARNr por PCR, haciendo uso de los cebadores propuestos por Huse et al. (2008). El protocolo de amplificación consistió en un ciclo a 95 °C por 3 min, seguido de 30 ciclos de 95 °C por 30 s, 60 °C por 30 s y 72 °C por 30 s, con un ciclo final de 72 °C por 5 min. Los amplicones de PCR fueron purificados con perlas magnéticas Ampure XP.

Posteriormente, se añadieron los índices de Illumina a cada muestra en una segunda PCR a 95 °C por 3 min, seguida de 8 ciclos de 95 °C por 30 s, 55 °C por 30 s y 72 °C por 30 s y por último un ciclo de 72 °C por 5 min, seguido de una segunda purificación con perlas. Los amplicones finales PCR se cuantificaron con el kit BR dsDNA quantification assay para el fluorómetro Qubit (Thermo Scientific, MA, EUA) y se preparó un pool en concentraciones equimolares. El pool se cuantificó con el kit HS aasay para el Qubit y se ajustó a 4 nM para su posterior desnaturalización, dilución a 2 pM y secuenciación en una celda de flujo Mid output (300 ciclos) en un Illumina Miniseq.

Análisis bioinformático

Las secuencias Fastq fueron procesadas con la pipeline metagenómica (https://github.com/GenomicaMicrob/metagenomic_pipeline); en primer lugar, los archivos se procesaron con el pipeline pair-end_cleaner v1.1.1 (https://github.com/GenomicaMicrob/pair-end_cleaner): se eliminaron las bases con una calidad phred menor a Q30, esto es, un error probable en cada 1 mil bases, también se eliminaron las bases ambiguas (n´s); además, se eliminaron las lecturas cortas (< 140 bases) y se recortaron con CUTADAPT (Martin, 2011) v 4.9 para no exceder 150 bases.

Las secuencias pareadas restantes se ensamblaron con PEAR v 0.9.8 (https://sco.h-its.org/exelixis/web/software/pear/doc.html) con una longitud mínima de ensamblaje de 170 bases, una máxima de 250 bases y un solapamiento mínimo de 10 bases. Las secuencias resultantes se transformaron a formato fasta.

Las secuencias quiméricas fueron eliminadas con el pipeline chimera_detector v1.5.0 (https://github.com/GenomicaMicrob/chimera_detector); las secuencias limpias se compararon con la base de datos SILVA (Quast et al., 2013) v.138 utilizando vsearch (Rognes et al., 2016) v2.23.0 (*--uchime_ref*). Aquellas secuencias que tuvieron un emparejamiento con un 97 % de similitud, en la base de datos, no fueron consideradas quiméricas.

Las secuencias limpias y libres de quimeras se clasificaron con el pipeline mg_classifier v2.1.0 (https://github.com/GenomicaMicrob/mg_classifier); las secuencias se agruparon al 97 % de similitud con vsearch v 2.23.0 *(--cluster_fast*) y se descartaron los cluster con una sola secuencia (singletons). Las secuencias centroides de cada cluster restante también se clasificaron con vsearch v 2.23.0 *(--usearch_global*) comparándolas con la base de datos EzBioCloud-LGM v 18072024.v2.

Los umbrales para delimitar niveles taxonómicos procariotas se establecieron con base en la propuesta de Yarza et al. (2014), y los índices ecológicos α y β se calcularon con usearch (Edgar, 2010) v.10.0.240.

d. Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva (porcentajes, medias e intervalo de confianza) para presentar los resultados de las variables analizadas. El análisis de normalidad fue evaluado por medio de la prueba de Shapiro – Wilk. Se realizó un análisis univariado para las variables cuantitativas, ajustando los indicadores de composición y función muscular por nivel socioeconómico. La comparación entre la ingesta y los requerimientos nutricionales dentro de cada grupo se realizó mediante la prueba t-student pareada; por su parte, para la comparación de la ingesta y los requerimientos dietéticos entre grupos se usó la prueba ANOVA de una vía. Se consideró un nivel de significancia de $p < 0.05$. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 31 (IBM Corp., Armank, NY, EUA). Para la elaboración de las figuras se utilizó GraphPad Prism versión 10.5.0 (GraphPad Software, CA, EUA).

Para el análisis del bacterioma intestinal se evaluó la diversidad α mediante los índices de riqueza observada, Shannon, Simpson y Pielou. La diversidad β se evaluó mediante la distancia de Bray-Curtis. La representación gráfica de las diferencias en la composición de las comunidades bacterianas se realizó mediante el análisis de coordenadas principales (PCoA). Para identificar las diferencias en la composición bacteriana entre los grupos estudiados se utilizó un análisis de varianza multivariado permutacional (PERMANOVA). La comparación de la abundancia relativa de los géneros bacterianos dentro de cada grupo se realizó utilizando la prueba de Kruskal-Wallis y post hoc de Dunn. Para la comparación del bacterioma intestinal con respecto al estado nutricional, se realizó la agrupación de pacientes de acuerdo con el diagnóstico nutricional correspondiente y posteriormente se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis y post hoc de Dunn. Para los análisis de comparaciones múltiples se aplicó Benjamini-Hochberg. Se consideró un nivel de significancia de $p < 0.05$. El análisis estadístico y las figuras se realizaron utilizando R versión 4.6.0 (R Core Team, Vienna, Austria).

VI. Resultados

6.1 Características sociodemográficas y clínicas de la población

La población de estudio estuvo conformada por 33 mujeres del grupo control y 66 pacientes con cáncer de mama divididas en tres grupos de acuerdo con la etapa de su tratamiento: pre-quimioterapia (n= 21), quimioterapia (n= 24) y remisión (n= 21). Las participantes del grupo control presentaron menor edad en comparación con los grupos pre-quimioterapia (p = 0.039) y quimioterapia (p = 0.015) (**Tabla 7**). El carcinoma ductal infiltrante fue el tipo histológico más frecuente en los tres grupos de pacientes con cáncer de mama. Asimismo, más de la mitad de las pacientes en los grupos pre-quimioterapia y remisión se encontraban en estadios tempranos de la enfermedad. En el grupo de remisión, el 80.9 % de las pacientes se encontraban con tratamiento hormonal. Respecto a los antecedentes heredofamiliares, aproximadamente una tercera parte de las pacientes con cáncer tenía antecedentes familiares de neoplasias malignas de mama; mientras que esta proporción fue solo del 9 % en el grupo control.

Como parte de las características sociodemográficas (**Tabla 7**), más del 80 % de las participantes de cada uno de los grupos vivían en el estado de Querétaro y más del 50 % de las pacientes con cáncer de mama se dedicaban al hogar. Mientras que la mayoría de las mujeres del grupo control eran profesionistas.

Tabla 7. Características generales de las mujeres controles y pacientes con cáncer de mama.

Características	**Control (n= 33)**	**Pre-quimioterapia (n= 21)**	**Quimioterapia (n= 24)**	**Remisión (n= 21)**
Edad ($\bar{x} \pm DE$)	39.8 ± 11.3^{a}	48.6 ± 12.7^{b}	49.3 ± 9.5^{b}	$47.2 \pm 13.4^{a,b}$
Institución				
HGQ	-	85.7 %	83.3 %	61.9 %
IMSS	-	14.3 %	16.7 %	38.1 %
Diagnóstico				
Ca. ductal in situ	-	4.8 %	-	9.4 %
Ca. ductal infiltrante	-	95.2 %	87.5 %	81.0 %
Ca. lobulillar	-	-	8.3 %	4.8 %
Ca. mucinoso	-	-	4.2 %	-
Ca. medular	-	-	-	4.8 %
Subtipo molecular				
Luminal A	-	28.6 %	29.2 %	33.3 %

Luminal B	-	23.8 %	29.2 %	33.3 %
HER2	-	14.3 %	8.3 %	9.5 %
Triple negativo	-	23.8 %	29.2 %	14.4 %
No reportado	-	9.5 %	4.1 %	9.5 %
Estadio				
0 – II	-	61.9 %	37.5 %	61.9 %
III - IV	-	38.1 %	62.5 %	28.6 %
No reportado	-	-	-	9.5 %
Resección tumoral	-	33.3 %	45.8 %	100 %
Tipo de tratamiento				
Solo cirugía	-	33.3 %	4.2 %	19.1 %
Quimioterapia	-	-	75.0 %	14.3 %
Radioterapia	-	-	-	9.4 %
Quimio y radioterapia	-	-	12.5 %	42.9 %
Terapia dirigida	-	-	-	-
Quimio y terapia dirigida	-	-	8.3 %	14.3 %
Hormonoterapia				
Tamoxifeno	-	-	-	38.1 %
Anastrozol	-	-	-	19.0 %
Letrozol	-	-	-	14.3 %
Exemestano	-	-	-	9.5 %
Número de quimios				
1 a 5	-	-	50.1 %	19.0 %
6 a 10	-	-	29.2 %	19.1 %
11 a 15	-	-	12.5 %	4.8 %
16 a 20	-	-	4.1 %	23.8 %
≥ 21	-	-	4.1 %	4.8 %
AHF Cáncer de mama	9.1 %	28.6 %	20.8 %	23.9 %
AHF Cáncer de próstata	3.0 %	4.8 %	8.4 %	-
Menarca				
Temprana ≤ 10 años	9.1 %	9.5 %	4.2 %	14.4 %
Promedio 11 a 14 años	81.8 %	85.7 %	83.3 %	76.2 %
Tardía ≥ 15 años	9.1 %	4.8 %	12.5 %	9.4 %
Nuliparidad	42.4 %	9.5 %	4.2 %	33.3 %
Menopausia	21.2 %	38.1 %	37.5 %	28.6 %
Procedencia				
Querétaro	81.8 %	95.2 %	87.4 %	90.4 %
Guanajuato	15.2 %	-	-	-
San Luis Potosí	3.0 %	-	-	-
Edo. de México	-	4.8 %	4.2 %	4.8 %
Morelos	-	-	-	4.8 %
Michoacán	-	-	4.2 %	-
Coahuila	-	-	4.2 %	-
Escolaridad				
Nula	3.0 %	4.8 %	4.2 %	-
Primaria trunca	-	4.8 %	8.3 %	9.5 %
Primaria	3.0 %	23.8 %	16.7 %	4.8 %
Secundaria	6.1 %	23.8 %	37.4 %	28.6 %

Preparatoria	18.2 %	14.3 %	4.2 %	23.8 %
Carrera técnica	6.1 %	9.4 %	-	9.5 %
Licenciatura	30.3 %	14.3 %	29.2 %	23.8 %
Posgrado	33.3 %	4.8 %	-	-
Ocupación				
Hogar	9.1 %	66.7 %	58.3 %	52.4 %
Empleada	30.3 %	19.0 %	12.5 %	19.1 %
Comerciante	3.0 %	9.6 %	20.9 %	14.3 %
Estudiante	24.3 %	-	-	4.7 %
Profesionista	33.3 %	4.7 %	8.3 %	9.5 %

AHF: antecedentes heredofamiliares; Ca: carcinoma; DE: desviación estándar; HGQ: Hospital General de Querétaro; IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social.

Una alta proporción de las mujeres del grupo control pertenecían al estrato socioeconómico alto (**Figura 21**). En contraste, la mayoría de las pacientes de los grupos pre-quimioterapia y quimioterapia se agruparon en el estrato socioeconómico medio y el 50 % de las mujeres del grupo en remisión se localizaron en el nivel bajo.

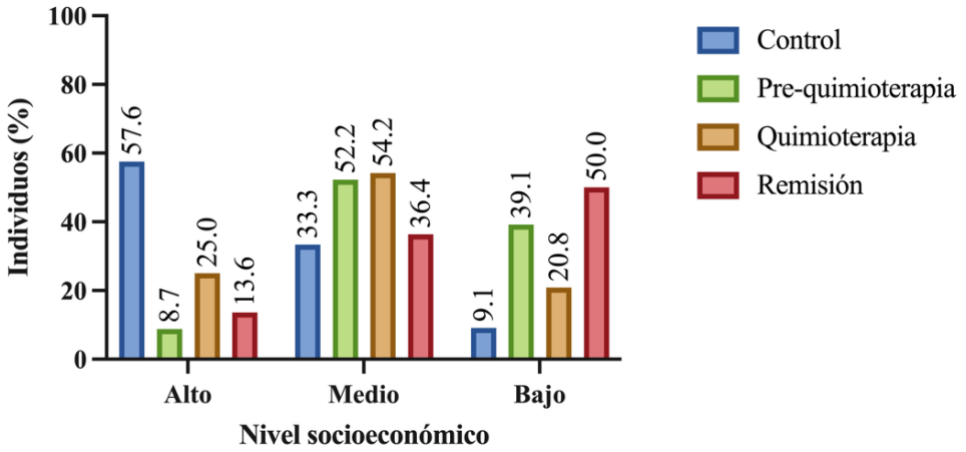


Figura 21. Nivel socioeconómico de las pacientes con cáncer de mama y las controles sin cáncer.

6.2 Evaluación del estado nutricional en pacientes con cáncer de mama y controles sin cáncer

De acuerdo con la VGS (**Figura 22**), una alta proporción de las participantes del grupo control se encontraban bien nutridas. Por su parte, al aplicar la VGS-GP (**Figura 22**), se observó que más de la mitad de las pacientes en los grupos pre-quimioterapia y quimioterapia tenían desnutrición moderada.

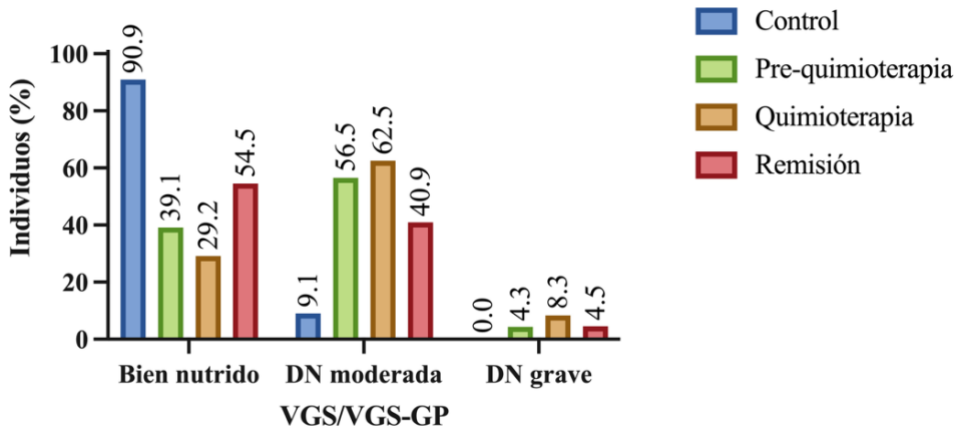


Figura 22. Estado nutricional de los grupos de estudio de acuerdo con la VGS/VGS-GP. DN: desnutrición.

Al analizar los indicadores nutricionales (**Tabla 8**), se encontró que la media del IMC para las pacientes con cáncer se ubicó en el rango de sobrepeso, independientemente de la fase del tratamiento. En este análisis, el grupo quimioterapia presentó un IMC mayor al compararse con los grupos control y remisión ($p < 0.001$). Al evaluar el AF, se observó que el grupo control presentó una media más alta en comparación con el grupo en remisión ($p = 0.015$). Por su parte, la FPM fue significativamente mayor en el grupo control en comparación con el grupo en remisión.

Tabla 8. Indicadores nutricionales en mujeres sin enfermedad oncológica y pacientes con cáncer de mama.

Indicador	Control (n= 33)	Pre-quimioterapia (n= 21)	Quimioterapia (n= 24)	Remisión (n= 21)	p*
IMC (kg/m^2)	24.9 (23.4 – 26.4)^b	27.6 (25.8 – 29.4)^{a,b}	29.8 (28.1 – 31.4)^a	26.2 (24.4 – 27.9)^b	< .001
AF (°)	6.1 (5.8 – 6.5)^a	5.7 (5.3 – 6.1)^{a,b}	5.9 (5.5 – 6.3)^{a,b}	5.2 (4.8 – 5.6)^b	.015
MMA (kg/m^2)	6.4 (6.1 – 6.7)^a	6.6 (6.3 – 6.9)^a	6.9 (6.6 – 7.2)^a	6.4 (6.1 – 6.7)^a	.080
FPM (kg/m^2)	11.2 (10.3 – 12.0)^a	9.9 (8.9 – 10.9)^{a,b}	9.9 (8.9 – 10.6)^{a,b}	8.5 (7.5 – 9.5)^b	.003

AF: ángulo de fase; FPM: fuerza de prensión manual; MMA: masa muscular apendicular.
Resultados expresados como media (IC 95 %).
*Modelo lineal general univariado ajustado por nivel socioeconómico.

De acuerdo con la evaluación del IMC (**Figura 23**), aproximadamente el 50 % de las pacientes del grupo pre-quimioterapia presentaba sobrepeso y alrededor de una tercera parte tenía obesidad. En el grupo quimioterapia, el 79.2 % de las pacientes presentaba exceso de peso; mientras que en el grupo remisión cerca del 50 % de las pacientes cursaban con sobrepeso u obesidad.

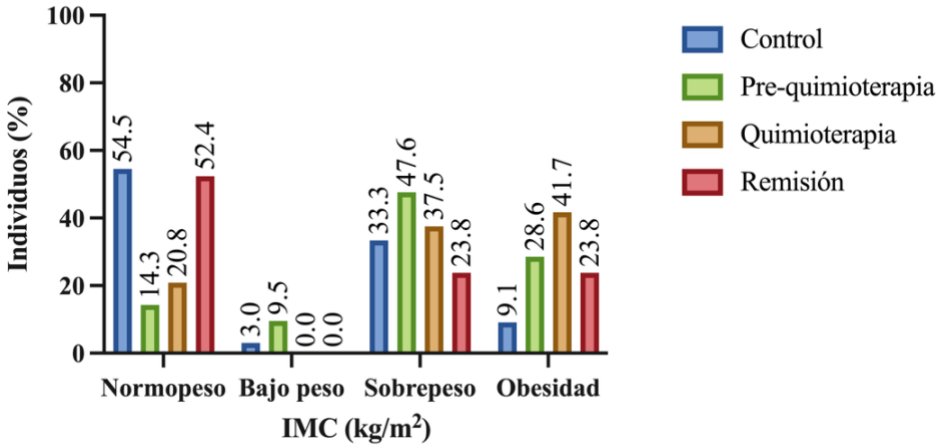


Figura 23. Evaluación del índice de masa corporal de acuerdo con el grupo de estudio. IMC: índice de masa corporal.

Al evaluar el AF en la población de estudio (**Figura 24**), encontramos que más del 50 % de las pacientes de los grupos pre-quimioterapia y quimioterapia tenían un AF adecuado. En contraste, el 59.1 % de las mujeres del grupo en remisión se encontraban con un AF bajo. Estos resultados fueron similares al evaluar la FPM. Asimismo, al evaluar la presencia de sarcopenia, observamos que el grupo en remisión fue el más afectado, ya que una alta proporción de las pacientes se encontraban con probable sarcopenia.

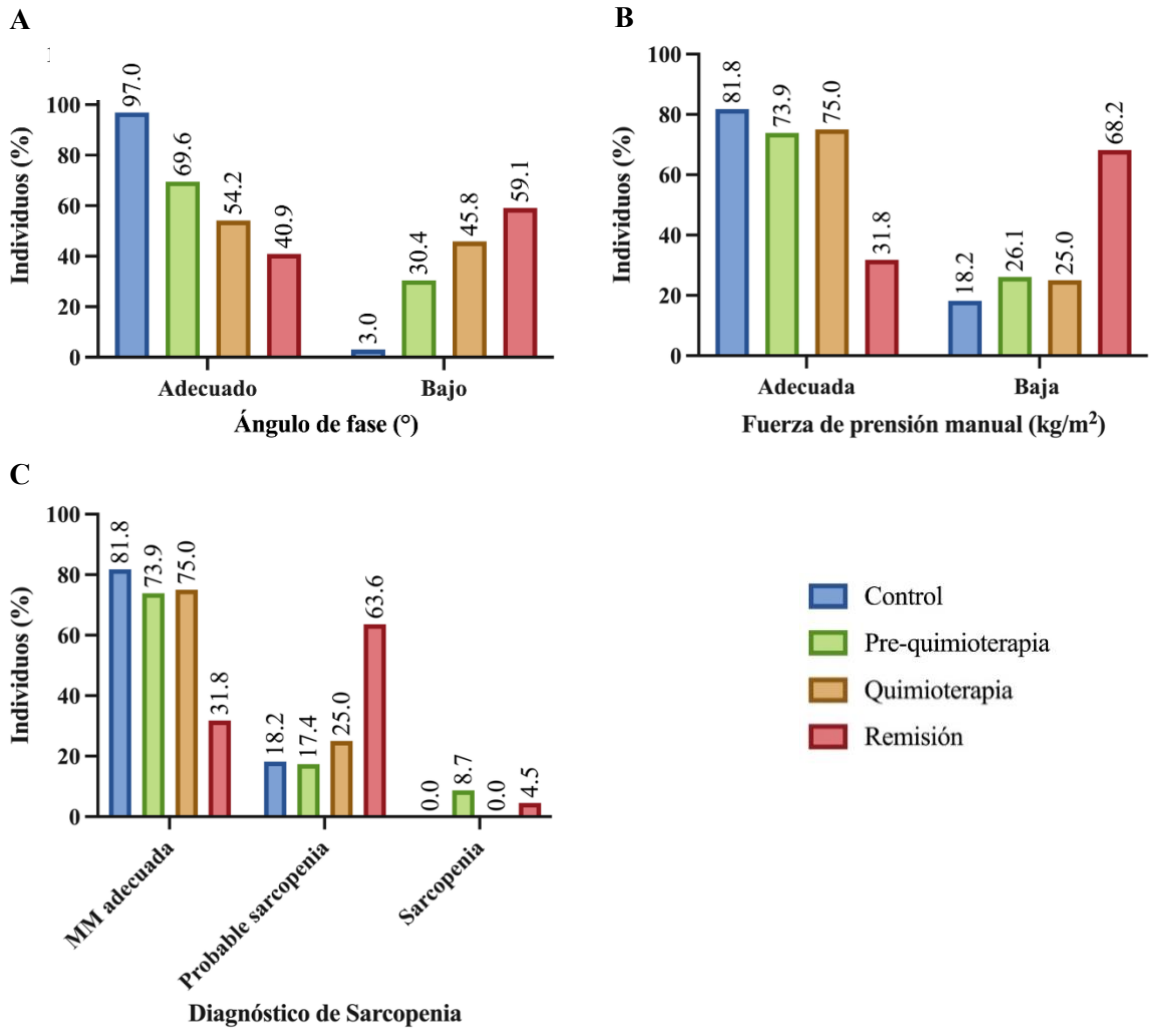


Figura 24. Indicadores de composición y función muscular de acuerdo al grupo de estudio. (A) ángulo de fase, (B) fuerza de prensión manual y (C) diagnóstico de sarcopenia. MM: masa muscular.

6.3 Evaluación dietética en mujeres con cáncer de mama y controles

La ingesta energética (**Tabla 9**) fue mayor en el grupo control en comparación con los grupos pre-quimioterapia y quimioterapia ($p < 0.001$). Asimismo, se observaron diferencias significativas entre el grupo control y los grupos con cáncer de mama al evaluar el consumo de proteínas ($p < 0.001$) y lípidos ($p < 0.001$). Las mujeres del grupo control presentaron una ingesta energética ($p < 0.001$), proteínica ($p = 0.001$) y lipídica ($p < 0.001$) superior a sus requerimientos estimados. En contraste, la ingesta energética del grupo

quimioterapia cubrió únicamente el 83.1 % de los requerimientos energéticos estimados ($p < 0.001$). Por su parte, el porcentaje de adecuación para el consumo proteínico en el grupo pre-quimioterapia fue del 69.2 % ($p < 0.001$), para el grupo quimioterapia fue del 75.0 % ($p < 0.001$) y para el grupo remisión del 83.3 % ($p = 0.006$).

Tabla 9. Ingesta y requerimientos energéticos y de macronutrimentos en pacientes con cáncer de mama y controles sin cáncer.

Indicador	**Control**	**Pre-quimioterapia**	**Quimioterapia**	**Remisión**	**p***
Ingesta energética (kcal/kg)	30.3 (27.1 – 33.4)[a]	23.2 (19.3 – 27.0)[b]	21.2 (18.9 – 23.5)[b]	24.7 (20.8 – 28.5)[a,b]	< .001
Req. energéticos (kcal/kg)	24.0 (23.2 – 24.9)[a]	25.5 (24.3 – 26.6)[a]	25.5 (24.6 – 26.5)[a]	24.7 (23.5 – 25.9)[a]	.077
p**	< .001	.250	< .001	.986	
Ingesta proteínica (g/kg)	1.3 (1.2 – 1.5)[a]	0.9 (0.8 – 1.0)[b]	0.9 (0.8 – 0.9)[b]	1.0 (0.9 – 1.1)[b]	< .001
Req. proteínicos (g/kg)	1.1 (1.0 – 1.1)[a]	1.3 (1.2 – 1.3)[b]	1.2 (1.2 – 1.3)[b]	1.2 (1.1 – 1.2)[b]	< .001
p**	.001	< .001	< .001	.006	
Ingesta de HC (g/kg)	3.3 (2.9 – 3.7)[a]	2.9 (2.4 – 3.3)[a]	2.7 (2.3 – 3.2)[a]	3.2 (2.5 – 3.8)[a]	.221
Req. de HC (g/kg)	3.3 (3.1 – 3.4)[a]	3.3 (3.1 – 3.4)[a]	3.4 (3.2 – 3.6)[a]	3.2 (2.9 – 3.5)[a]	.714
p**	.957	.103	< .001	.725	
Ingesta lipídica (g/kg)	1.3 (1.2 – 1.5)[a]	0.9 (0.6 – 1.2)[b]	0.8 (0.7 – 0.9)[b]	0.9 (0.8 – 1.1)[b]	< .001
Req. lipídicos (g/kg)	0.7 (0.7 – 0.8)[a]	0.8 (0.7 – 0.9)[a]	0.8 (0.7 – 0.8)[a]	0.8 (0.7 – 0.8)[a]	.254
p**	< .001	.277	.788	.099	

HC: hidratos de carbono, Req: requerimiento. Valores de referencia: energía: pacientes con cáncer 25 a 30 kcal/kg (Muscaritoli et al., 2021), adultos sanos (< 65 años) 25 kcal/kg (Thibault et al., 2021), adultos mayores (> 65 años) 30 kcal/kg (Volkert et al., 2022); proteína: pacientes con cáncer 1.0 a 1.5 g/kg (Muscaritoli et al., 2021), adultos sanos (< 65 años) 0.8 a 1.0 g/kg (Thibault et al., 2021), adultos mayores (> 65 años) 1.0 a 1.2 g/kg (Volkert et al., 2022).

*Prueba ANOVA de una vía. Prueba post hoc de Tuckey.

**Prueba t-student pareada.

Más del 70 % de las pacientes con cáncer de mama presentó una ingesta adecuada de AG saturados (**Figura 25**). Por el contrario, el consumo de AG monoinsaturados fue bajo en más del 75 % de la población estudiada. Aproximadamente el 50 % de las pacientes con cáncer de mama, tuvo un consumo adecuado de AG poliinsaturados.

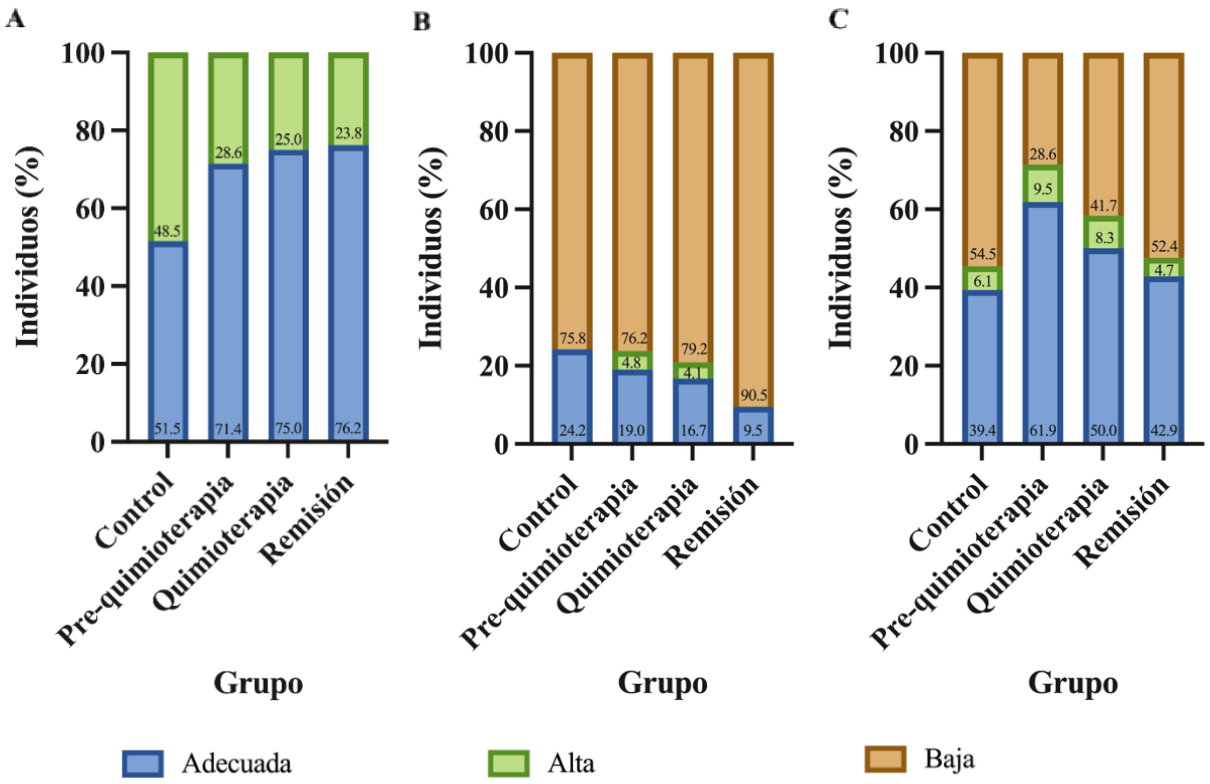


Figura 25. Ingesta de ácidos grasos (A) saturados (p = 0.182), (B) monoinsaturados (p = 0.608) y (C) poliinsaturados (p = 0.624) en los diferentes grupos de pacientes con cáncer de mama y controles. Valores de referencia: ácidos grasos saturados < 10 % de la ingesta energética total; monoinsaturados 15 a 20 % de la ingesta energética total; poliinsaturados: 6 a 10 % de la ingesta energética total (Cancer Minchot & Moreno Borreguero, 2020).

El consumo de fibra dietética (**Figura 26**) fue deficiente en más del 90 % de la población estudiada, sin representar una diferencia estadística al comparar los diferentes grupos de estudio (p > 0.999).

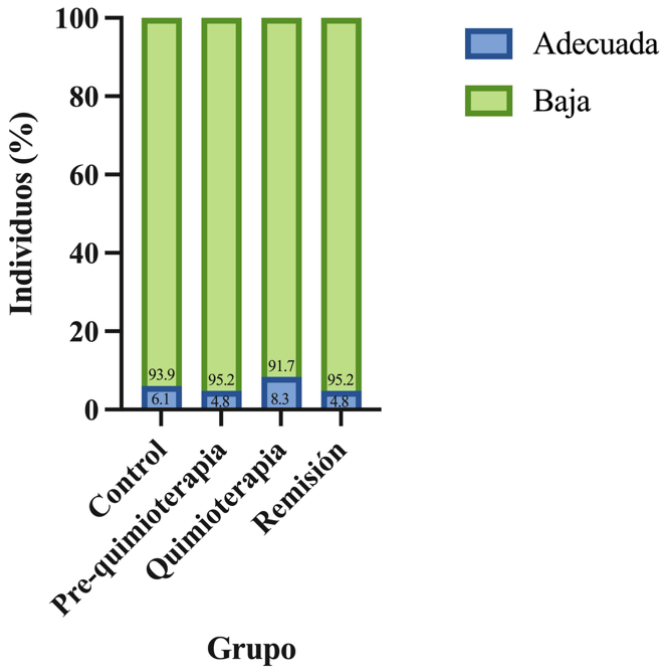


Figura 26. Ingesta de fibra de acuerdo con el grupo de estudio. $p > 0.999$.

6.4 Análisis de diversidad alfa y beta en pacientes con cáncer de mama y controles sin enfermedad oncológica

En la **Figura 27** se muestran los índices de diversidad α del bacterioma intestinal de acuerdo con cada grupo de estudio. El índice Observadas mostró que las participantes del grupo control presentaron una menor riqueza bacteriana en comparación con las participantes de los grupos pre-quimioterapia ($p = 0.0049$), quimioterapia ($p = 0.0280$) y remisión ($p = 0.0015$). De acuerdo con el índice Shannon, el grupo control tuvo mayor diversidad bacteriana que el grupo quimioterapia ($p = 0.034$). Asimismo, el índice de Simpson (1 -D) mostró una mayor diversidad bacteriana en el grupo control respecto al grupo quimioterapia ($p = 0.0064$); mientras que el grupo remisión presentó mayor diversidad que el grupo quimioterapia ($p = 0.0270$). Por su parte, el índice de Pielou indicó mayor uniformidad en la distribución de las abundancias bacterianas en el grupo control en comparación con los grupos quimioterapia ($p = 0.0006$) y remisión ($p = 0.0370$).

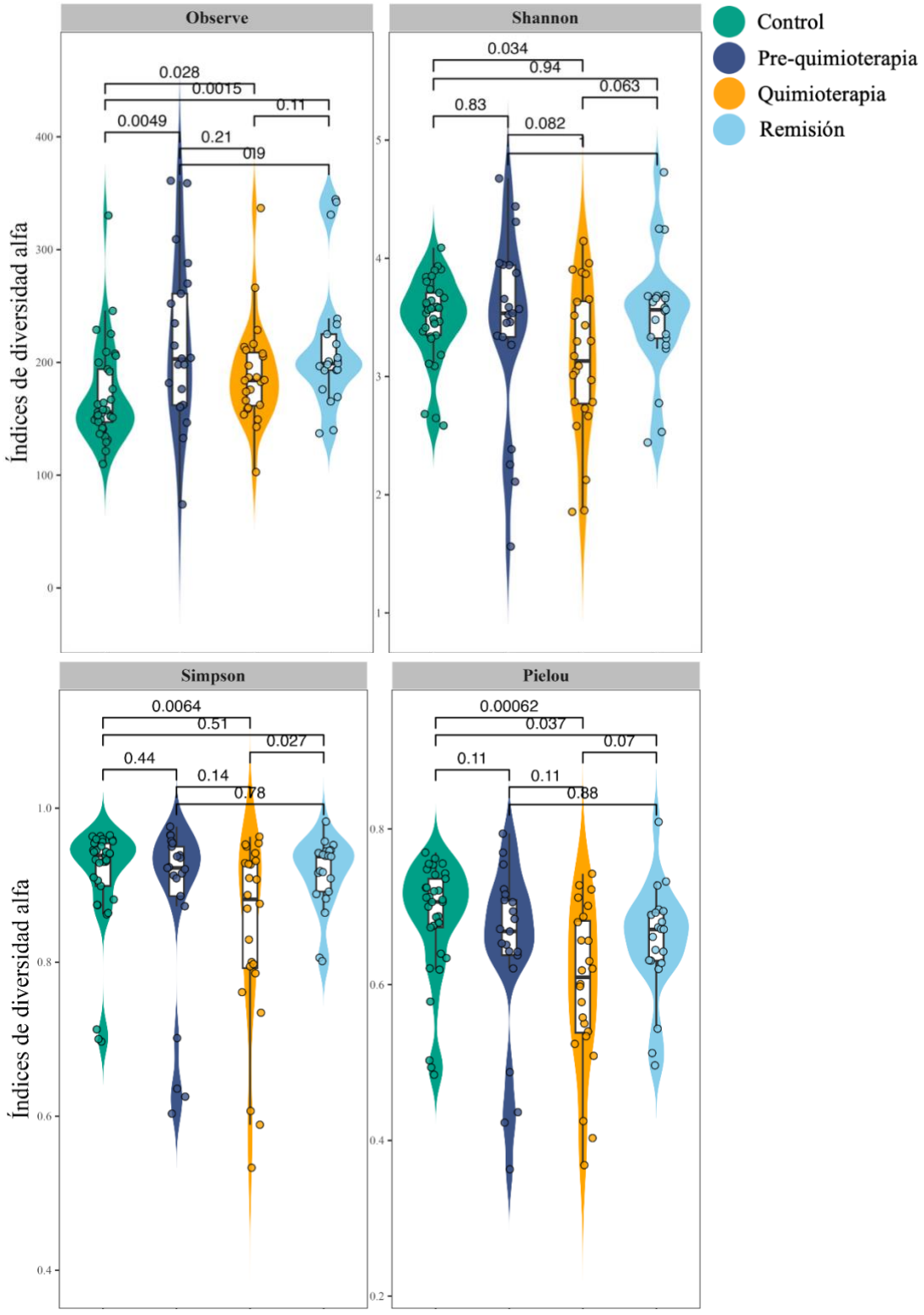


Figura 27. Comparación de diversidad α del bacterioma intestinal entre los grupos de estudio. La diversidad α se evaluó mediante los índices Observed, Shannon, Simpson (1 – D) y Pielou.

El análisis de coordenadas principales (PCoA) de la diversidad β (**Figura 28**) evidenció diferencias en la composición global del bacterioma intestinal entre el grupo control y los grupos con cáncer de mama. Las dos primeras coordinadas principales (PCoA) explicaron en conjunto el 44.17 % de variabilidad total. La PERMANOVA confirmó diferencias significativas en la composición global del bacterioma intestinal entre los grupos de estudio ($F = 7.81$, $R^2 = 0.198$, $p = 0.001$). Finalmente, el análisis por pares mostró diferencias significativas entre el grupo control y los grupos pre-quimioterapia, quimioterapia y remisión (p ajustada = 0.002 para todas las comparaciones), así como entre los grupos quimioterapia y remisión (p ajustada = 0.027).

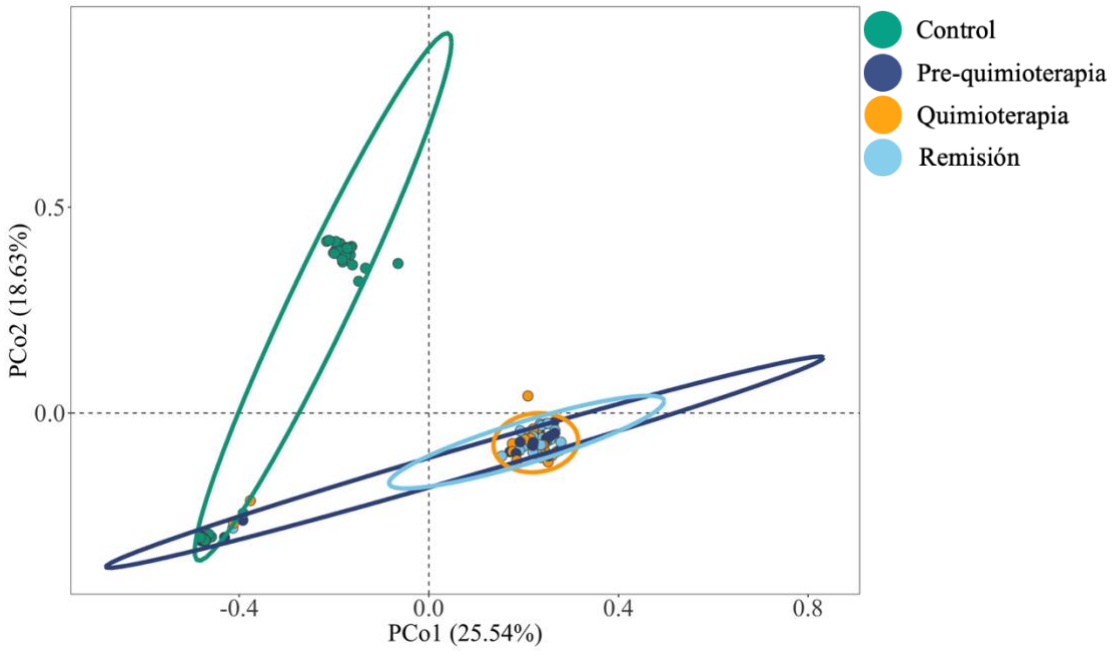


Figura 28. Diversidad β del bacterioma intestinal evaluada mediante PCoA en pacientes con cáncer de mama y controles. El PCoA se construyó a partir de la matriz de distancias de Bray-Curtis. Cada punto representa una muestra. PCo: coordenada principal; PCoA: análisis principal de coordenadas.

6.5 Abundancia relativa de los principales géneros bacterianos en la población de estudio

La **Figura 29** muestra el mapa de calor de los principales géneros bacterianos identificados, representados mediante el z-score de la abundancia relativa promedio. En general, se observa un patrón diferencial entre los grupos de estudio. En el grupo control, destacan géneros como *Prevotella*, *Faecalibacterium*, *Clostridium 21* y *Ruminococcus*. En contraste, el grupo pre-quimioterapia, presenta un z-score mayor para géneros como *Bacteroides*, *Blautia*, *Dorea* y *Anaerostipes*. El grupo quimioterapia se caracteriza por presentar un z-score más alto para *Agathobacter*. Mientras que en el grupo remisión se observan un z-score mayor para *Bifidobacterium*, *Enterococcus* y *Clostridium*.

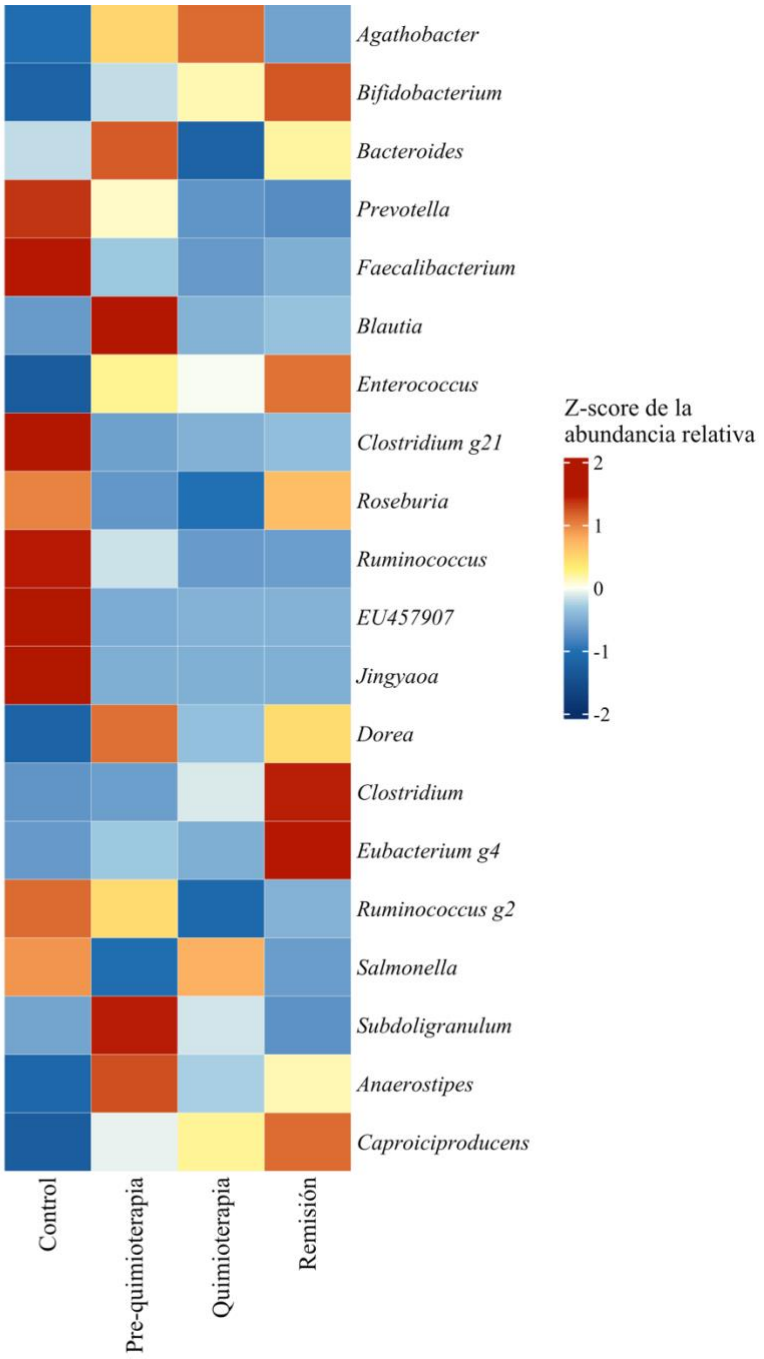


Figura 29. Mapa de calor de los géneros bacterianos más abundantes de acuerdo con el z-score de la abundancia relativa. El color representa el z-score de la abundancia relativa promedio de cada género bacteriano. Los tonos rojos indican una abundancia relativa superior al promedio de cada género, mientras que los tonos azules corresponden a una abundancia relativa inferior al promedio.

En la **Tabla 10** se presenta la abundancia relativa de los principales géneros bacterianos identificados, estos datos complementan la información presentada en la **Figura 29**. Dentro de la tabla se observa que el grupo control presenta mayor abundancia de géneros como *Faecalibacterium* ($p < 0.001$), *Clostridium g21* ($p < 0.001$) y *Ruminococcus* ($p < 0.001$). Por el contrario, algunos géneros como *Agathobacter* ($p < 0.001$), *Bifidobacterium* ($p < 0.001$), *Prevotella* ($p = 0.003$) y *Enterococcus* ($p < 0.001$) fueron más abundantes en los grupos con cáncer de mama.

Tabla 10. Comparación de la abundancia relativa de géneros bacterianos entre participantes del grupo control y los diferentes grupos de pacientes con cáncer de mama.

Género	Control	Pre-quimioterapia	Quimioterapia	Remisión	p
Agathobacter	0.09 (0.01 – 0.34)[a]	5.90 (0.74 – 22.53)[b]	3.83 (0.61 – 45.58)[b]	0.69 (0.34 – 1.60)[b]	<.001
Bifidobacterium	0.01 (0.00 – 0.14)[a]	2.38 (0.31 – 6.06)[b]	3.37 (0.53 – 4.87)[b]	9.21 (3.81 – 12.36)[b]	<.001
Bacteroides	0.06 (0.01 – 0.89)[a]	0.17 (0.04 – 6.54)[a]	0.07 (0.02 – 0.18)[a]	0.09 (0.04 – 0.21)[a]	.068
Prevotella	0.01 (0.01 – 0.05)[a]	0.56 (0.08 – 2.56)[b]	0.35 (0.05 – 1.00)[b]	0.34 (0.10 – 0.81)[b]	.003
Faecalibacterium	8.38 (3.23 – 14.95)[a]	0.48 (0.17 – 2.98)[b]	0.15 (0.07 – 0.44)[b]	0.20 (0.09 – 1.42)[b]	<.001
Blautia	0.07 (0.02 – 2.62)[a]	0.83 (0.19 – 9.09)[a]	0.31 (0.16 – 0.70)[a]	0.21 (0.10 – 1.00)[a]	.050
Enterococcus	0.00 (0.00 – 0.02)[a]	0.30 (0.02 – 2.50)[b]	0.59 (0.20 – 1.90)[b,c]	2.42 (0.83 – 5.74)[c]	<.001
Clostridium g21	4.73 (0.95 – 7.27)[a]	0.08 (0.00 – 0.19)[b]	0.05 (0.00 – 0.10)[b]	0.07 (0.04 – 0.41)[b]	<.001
Roseburia	1.08 (0.27 – 3.72)[a]	0.17 (0.03 – 0.69)[a]	0.20 (0.03 – 0.38)[a]	0.29 (0.19 – 0.81)[a]	.050
Ruminococcus	2.14 (0.47 – 4.04)[a]	0.08 (0.05 – 0.58)[b]	0.02 (0.00 – 0.06)[b]	0.03 (0.00 – 0.07)[b]	<.001
EU457907	3.57 (0.12 – 7.19)[a]	0.03 (0.00 – 0.06)[b]	0.06 (0.02 – 0.12)[b]	0.05 (0.01 – 0.15)[b]	<.001
Jingyaoa	0.06 (0.03 – 0.18)[a]	0.04 (0.01 – 0.13)[a]	0.00 (0.00 – 0.08)[a]	0.06 (0.03 – 0.13)[a]	.151
Dorea	0.12 (0.03 – 0.55)[a]	0.29 (0.12 – 0.90)[a]	0.12 (0.03 – 0.85)[a]	0.19 (0.10 – 0.59)[a]	.102
Clostridium	0.65 (0.17 – 0.92)[a]	0.57 (0.20 – 1.17)[a]	0.18 (0.06 – 1.80)[a]	0.52 (0.28 – 0.95)[a]	.802
Eubacterium g4	0.03 (0.01 – 0.09)[a]	0.18 (0.06 – 0.37)[b]	0.06 (0.03 – 0.10)[a,b]	0.42 (0.06 – 1.65)[c]	.016
Ruminococcus g2	0.65	0.07	0.03	0.12	

	(0.11 – 1.20)[a]	(0.05 – 0.24)[a,b]	(0.00 – 0.12)[b]	(0.04 – 0.32)[a,b]	.006
Salmonella	0.01	0.03	0.00	0.05	
	(0.00 – 0.04)[a]	(0.00 – 0.12)[a]	(0.00 – 0.03)[a]	(0.00 – 0.46)[a]	.520
Subdoligranulum	0.19	0.49	0.38	0.06	
	(0.07 – 0.49)[a]	(0.15 – 1.16)[a]	(0.03 – 0.68)[a]	(0.03 – 0.63)[a]	.347
Anaerostipes	0.06	0.28	0.17	0.34	
	(0.03 – 0.15)[a]	(0.16 – 0.71)[b]	(0.08 – 0.41)[a,b]	(0.15 – 0.83)[b]	.028
Caproiciproducens	0.00	0.09	0.14	0.04	
	(0.00 – 0.01)[a]	(0.04 – 0.26)[b]	(0.00 – 0.65)[b]	(0.00 – 0.17)[b]	.004

Prueba de Kruskal Wallis. Prueba post hoc de Dunn.
Resultados presentados como Mediana (RIC).

6.6 Taxones bacterianos asociados con la desnutrición

Se realizó una comparación entre grupos de acuerdo con la abundancia relativa presentada en cada uno de los taxones (**Figura 30**). Los grupos se dividieron en controles normonutridos y pacientes con cáncer de mama normonutridos o desnutridos de acuerdo con los resultados obtenidos por la VGS/VGS-GP. Se observó mayor abundancia del filo *Bacteroidota* en las controles normonutridas en comparación con las pacientes con cáncer de mama desnutridas ($p = 0.006$). A su vez, el grupo de cáncer de mama normonutrido presentó mayor abundancia relativa del filo *Pseudomonadota* con respecto al grupo de cáncer de mama con desnutrición ($p < 0.001$). Finalmente, el grupo control normonutrido tuvo una abundancia relativa menor del filo *Verrucomicrobiota* en comparación con el grupo de cáncer de mama normonutrido ($p = 0.042$).

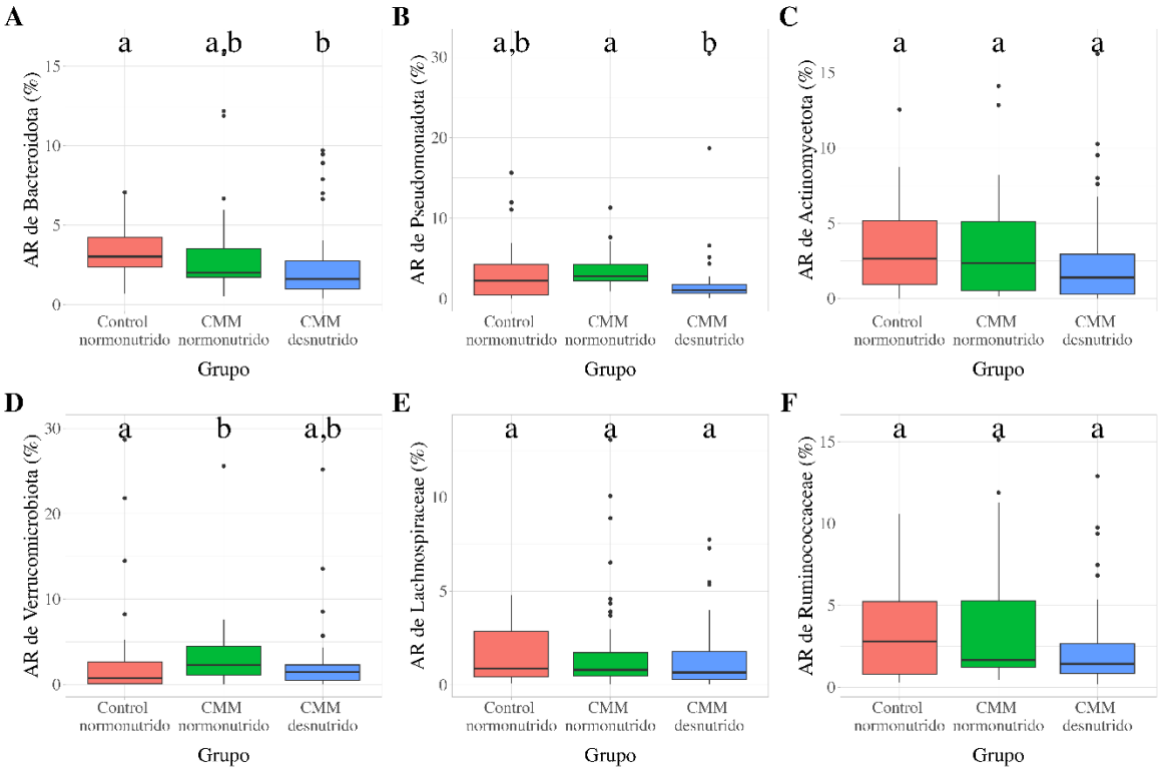


Figura 30. Comparación entre grupos de los taxones bacterianos relacionados con la desnutrición. (A) *Bacteroidota*, (B) *Pseudomonadota*, (C) *Actinomycetota*, (D) *Verrucomicrobiota*, (E) Lachnospiraceae y (F) Ruminococcaceae. AR: abundancia relativa; CMM: cáncer de mama. Prueba de Kruskal Wallis. Prueba post hoc de Dunn.

6.7 Géneros bacterianos asociados con la fuerza de prensión manual

Para evaluar la abundancia relativa de los géneros bacterianos asociados con la FPM (**Figura 31**), las participantes fueron divididas en controles con FPM adecuada y pacientes con cáncer de mama con FPM adecuada y con FPM baja. Para el género *Lachnospira*, la abundancia relativa fue mayor en el grupo control al comparar contra los grupos de cáncer de mama con FPM adecuada ($p = 0.003$) y FPM baja ($p < 0.001$).

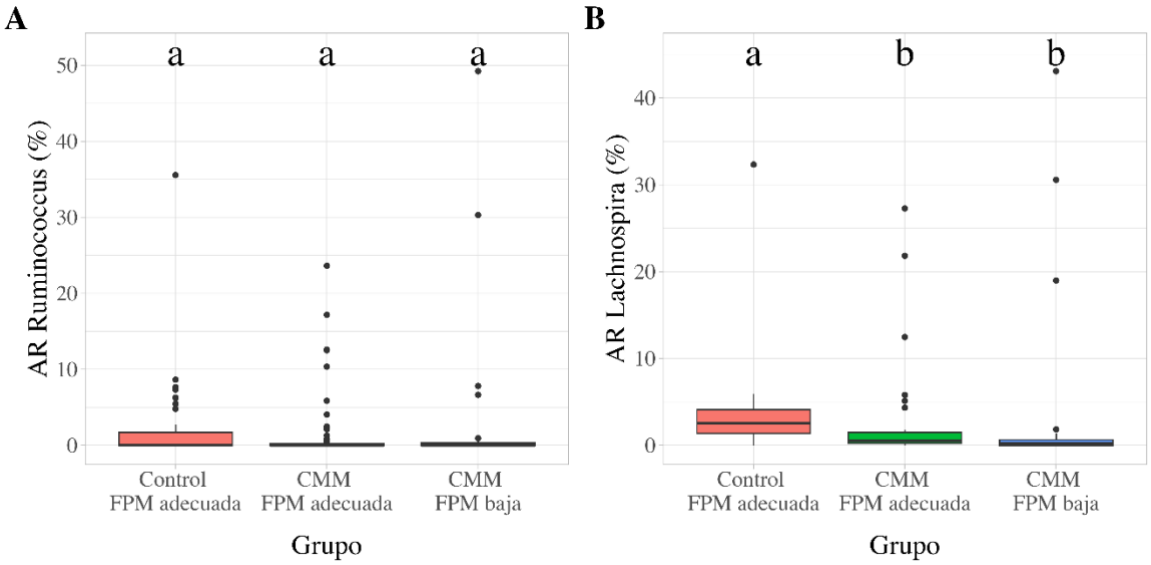


Figura 31. Comparación entre grupos de los géneros bacterianos relacionados con la fuerza de prensión manual. (A) *Lachnospira* y (B) *Ruminococcus*. AR: abundancia relativa; CMM: cáncer de mama; FPM: fuerza de prensión manual. Prueba de Kruskal Wallis. Prueba post hoc de Dunn.

6.8 Taxones bacterianos asociados con la sarcopenia

Como parte de la comparación entre grupos de los taxones bacterianos asociados con la sarcopenia (**Figura 32**), se identificaron diferencias estadísticas en la abundancia relativa del filo *Bacillota* entre el grupo de cáncer de mama con masa muscular (MM) adecuada y los grupos control con MM adecuada ($p = 0.012$) y cáncer de mama con probable sarcopenia/sarcopenia ($p = 0.012$). En cuanto a la familia Lactobacillaceae, se observó menor abundancia relativa en el grupo de cáncer de mama con MM adecuada en comparación con el grupo cáncer de mama con probable sarcopenia/sarcopenia ($p = 0.008$). Mientras que la abundancia relativa del género *Lachnospira* fue mayor en las controles con MM adecuada en contraste con los grupos de cáncer de mama con MM adecuada ($p = 0.003$) y probable sarcopenia/sarcopenia ($p < 0.001$).

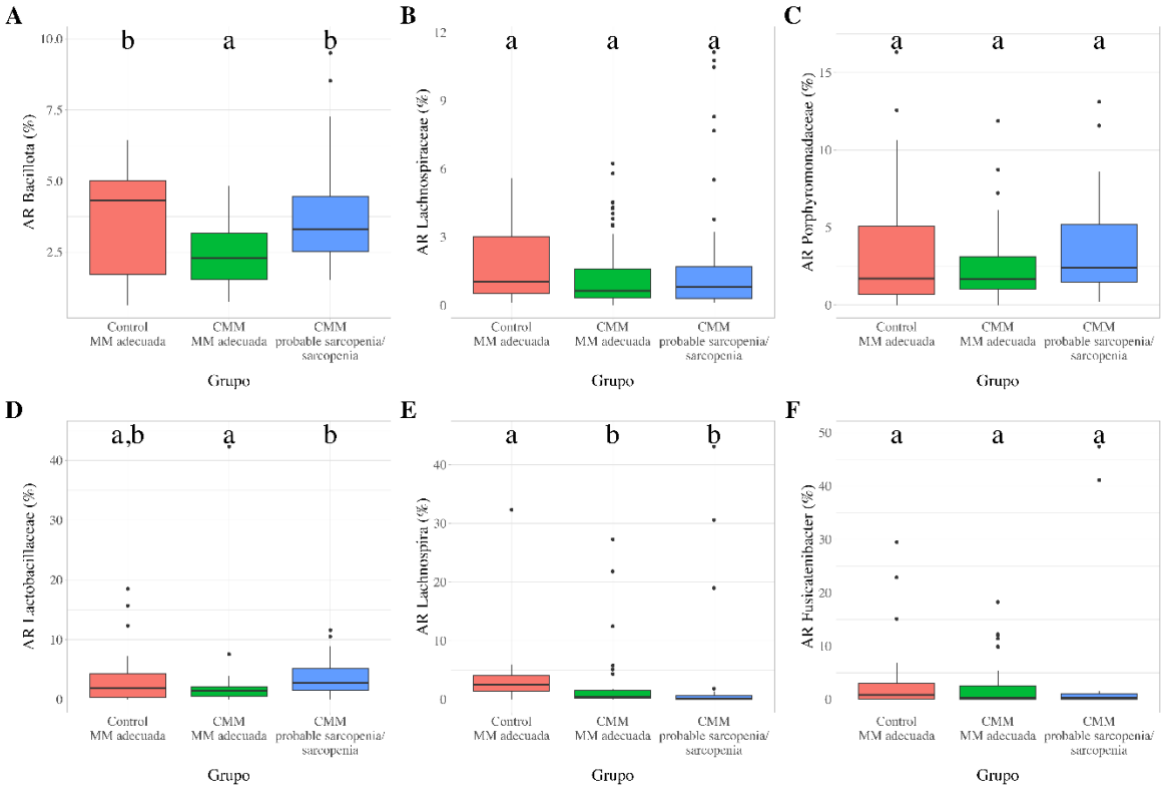


Figura 32. Comparación entre los grupos de estudio de los taxones bacterianos relacionados con la sarcopenia. (A) *Bacillota*, (B) Lachnospiraceae, (C) Porphyromonadaceae, (D) Lactobacillaceae, (E) *Lachnospira* y (F) *Fusicatenibacter*. AR: abundancia relativa; CM: cáncer de mama; MM: masa muscular. Prueba de Kruskal Wallis. Prueba post hoc de Dunn.

VII. Discusión

7.1 Características clínicas de la población de estudio

El carcinoma ductal invasivo fue el tipo histológico predominante entre las pacientes con cáncer de mama incluidas en el estudio, representando entre el 81 y 95 % de los tumores según el grupo de estudio; mientras que el carcinoma ductal *in situ* se posicionó como el segundo tipo histológico más diagnosticado presentándose en 4.8 a 9.4 % de los casos y el carcinoma lobulillar ocupó el tercer lugar con una ocurrencia del 4.8 al 8.3 %. Estos datos concuerdan con lo descrito en la literatura en dónde se reporta que el carcinoma ductal invasivo tiene una incidencia del 80 al 85 % y el carcinoma lobulillar se presenta en el 5 al 15 % de los casos. Por su parte, se ha observado una incidencia del 15 al 25 % del carcinoma ductal *in situ*, el cual es un porcentaje mayor al encontrado en este estudio (Anton et al., 2025; Delaloge et al., 2024).

En cuanto a la clasificación molecular, los tumores de tipo luminal fueron los más prevalentes en la población estudiada. No obstante, la distribución observada entre subtipos difirió de lo reportado en la literatura. El subtipo luminal A presentó una frecuencia de 28.6 a 33.3 %, lo que es menor a la incidencia del 50 al 60 % descrita en estudios previos (Clusan et al., 2023; Laskar et al., 2025; Łukasiewicz et al., 2021). En contraste, el luminal B mostró una mayor ocurrencia en nuestra población respecto al 10 % referido en la literatura. De manera similar, el diagnóstico del subtipo triple negativo (14.4 a 29.2 %) fue superior a la descrita en otras investigaciones, donde se ha reportado una frecuencia del 10 al 15 % (Clusan et al., 2023; Laskar et al., 2025; Łukasiewicz et al., 2021).

Por su parte, aproximadamente una cuarta parte de las mujeres con cáncer de mama presentó antecedentes heredofamiliares de la enfermedad, cifra 2.4 veces mayor a la descrita en la revisión realizada por Anton et al. (2025), quienes reportaron que los antecedentes heredofamiliares de cáncer de mama son responsables del 5 al 10 % de los casos. Este hallazgo es relevante, ya que el reconocimiento de las características patológicas en conjunto con factores de riesgo como los antecedentes heredofamiliares, permiten predecir el pronóstico de las pacientes, promover la realización de pruebas genéticas y favorecer el

diagnóstico de cáncer de mama hereditario, lo que influye en el abordaje clínico (Sokolova et al., 2023).

7.2 Estado nutricional, composición corporal y función muscular de las pacientes con cáncer de mama

La valoración nutricional mediante el uso de la VGS-GP, evidenció que más del 50 % de las pacientes del grupo pre-quimioterapia presentaban desnutrición moderada y 4.3 % tenían desnutrición grave. Estudios previos como el realizado por Cabo García et al. (2019) en una población de mujeres españolas con cáncer de mama recién diagnosticado, han empleado esta herramienta nutricional encontrando que solo el 2.2 % de su población presentaba desnutrición al momento del diagnóstico. La elevada proporción de pacientes con desnutrición en nuestra población podría estar relacionada, en parte, con el hecho de que una tercera parte de las pacientes ya había sido sometida a la resección tumoral al momento del estudio. En este contexto, se ha observado que en el tratamiento quirúrgico es uno de los factores relacionados con el hipercatabolismo, lo cual puede llevar al deterioro del estado nutricional (Guida et al., 2025).

De forma similar, 62.4 % de las pacientes que se encontraban en esquema quimioterapéutico presentaron desnutrición moderada y solo 8.3 % fueron diagnosticadas con desnutrición grave. Estos datos difieren de lo observado por un estudio realizado en Etiopia en mujeres con cáncer de mama en tratamiento, en donde el 31 % de las participantes tenían desnutrición moderada y 26 % presentaban desnutrición grave (Adam et al., 2023). A su vez, una investigación realizada en pacientes Vietnamitas bajo esquema quimioterapéutico, reportó que 21.1 % de las pacientes cursaban con desnutrición moderada y 4.5 % con desnutrición grave (Nguyen et al., 2025). Las diferencias observadas entre los estudios pueden atribuirse al subtipo molecular y al estadio. Los estadios más avanzados se han asociado con una mayor respuesta inflamatoria sistémica, la cual puede favorecer el catabolismo proteínico (Muscaritoli et al., 2017). Asimismo, el perfil inflamatorio y oxidativo puede variar entre los subtipos moleculares del cáncer de mama, por lo que el perfil molecular podría contribuir al deterioro nutricional (Patel & Shah, 2022). En el estudio

realizado por Adam et al. (2023) el 61.9 % de las pacientes presentaba estadios avanzados de la enfermedad, siendo este porcentaje similar al observado en nuestra población; sin embargo, este grupo de investigadores no especifican la clasificación molecular de los tumores malignos presentados por las pacientes. Por su parte, Nguyen et al. (2025) no presentaron datos relacionados con el estadio y la clasificación molecular.

Finalmente, 40.9 % de las mujeres en remisión fueron diagnosticadas con desnutrición moderada y 4.5 % con desnutrición grave. Nuestros resultados contrastan con lo observado en un estudio Iraní, en donde se observó que solo el 6 % de las mujeres con cáncer de mama en remisión presentaban desnutrición moderada; mientras que no fueron detectadas pacientes con desnutrición grave (Mohammadi et al., 2013). Las diferencias observadas con respecto a nuestro estudio podrían estar relacionadas con el tiempo transcurrido desde el inicio de la remisión. Mientras que en nuestra población el periodo de remisión osciló entre 4 meses y 5 años, en el estudio Iraní el periodo fue de 2 a 5 años (Mohammadi et al., 2013), por lo que las diferencias en el tiempo de recuperación posterior al tratamiento podrían haber influido en el estado nutricional de las participantes.

Adicionalmente, se encontró que 76.2 % de las pacientes pre-quimioterapia presentaban exceso de peso de acuerdo con el IMC. Estos datos concuerdan con lo descrito previamente en un estudio en población mexicana, en donde el 75 % de las mujeres con diagnóstico reciente de tumores malignos de mama presentaban exceso de peso (Mohar et al., 2009). Asimismo, una investigación española evidenció que 60 % de las participantes presentaban sobrepeso u obesidad previo al inicio de la quimioterapia (Cabo García et al., 2019). Previamente se ha reportado que la presencia de obesidad al momento del diagnóstico está asociada con un incremento del 28 % en el riesgo de mortalidad por cualquier causa (Puklin et al., 2023).

Por otro lado, 79.2 % de las mujeres del grupo quimioterapia cursaron con sobrepeso u obesidad, cifra diez puntos porcentuales superior a la observada en pacientes con neoplasias malignas de mama en Pakistán (Kashif et al., 2024). De manera similar, un estudio realizado en Túnez evidenció que, basado en el IMC, 78.5 % de sus pacientes

presentaban exceso de peso (Olfa et al., 2024). En este contexto, es preciso mencionar que solo 9.5 % de las pacientes pre-quimioterapia fueron clasificadas con desnutrición al utilizar el IMC y no se identificaron pacientes con este diagnóstico en el grupo de quimioterapia. Por lo tanto, el uso del IMC como indicador de desnutrición debe realizarse con cautela y no como único criterio diagnóstico, ya que un exceso de grasa corporal puede enmascarar la pérdida de masa muscular y dificultar la identificación del deterioro nutricional mediante el peso corporal y el IMC (Adam et al., 2023; Bering et al., 2015). En contraste, el exceso de tejido adiposo en las pacientes con tumores malignos de mama se ha relacionado con un mayor riesgo de complicaciones quirúrgicas, pausas en el tratamiento oncológico, toxicidad relacionada con el tratamiento, recurrencia de la enfermedad, desarrollo de comorbilidades crónicas, así como un aumento en la mortalidad (Basaran et al., 2010).

En cuanto al grupo remisión, 47.6 % de las participantes presentaron exceso de peso, proporción similar a la observada en el grupo control (42.4 %). En contraste, Ortiz-Mendoza et al. (2014) reportaron que 82 % de las mujeres mexicanas con cáncer de mama en remisión presentaban sobrepeso u obesidad. Esta diferencia podría estar relacionada con factores clínicos y sociodemográficos, entre ellos, la inducción de la menopausia por el tratamiento, actividad física escasa e IMC bajo al momento del diagnóstico oncológico, dichos factores pueden influir en la composición corporal posterior al tratamiento antineoplásico (Mohammadi et al., 2013). Por otra parte, el exceso de tejido adiposo en las mujeres con neoplasias malignas de mama en remisión, se ha asociado con un mayor riesgo de recurrencia (Benavides-Rodríguez et al., 2017), lo que resalta la importancia de mantener un seguimiento nutricional, que incluya la evaluación de la composición corporal mediante el uso de equipos de BIA.

Dado que el cáncer y los tratamientos oncológicos pueden generar alteraciones en la integridad y función de la membrana celular, en los últimos años ha cobrado mayor interés la evaluación del AF como indicador indirecto de la calidad celular (Martins et al., 2021). Como parte de nuestro estudio una tercera parte de las pacientes pre-quimioterapia presentaron un AF bajo, en general para este grupo la media del AF fue de 5.7 °. Por su parte, un estudio reportó que en pacientes polacas con cáncer de mama previo al tratamiento

quirúrgico y quimioterapéutico, la media del AF fue de 5.05 ° (Małecka-Massalska et al., 2012). Se ha propuesto que la disminución en la integridad celular o la muerte celular están asociadas con un AF bajo. Por otro lado, Gupta et al. (2008) realizaron un estudio en pacientes estadounidenses con cáncer de mama recién diagnosticado y en tratamiento, encontrando que un AF ≤ 5.6 ° estaba asociado con una supervivencia media de 23.1 meses; mientras que el AF > 5.6 ° se asociaba con una supervivencia de 49.9 meses. Por lo tanto, una mejora en el AF mediante intervenciones nutricionales podía potencialmente mejorar la supervivencia en esta población oncológica.

En el grupo quimioterapia aproximadamente el 50 % de las participantes cursaban con un AF bajo. Esta cifra es 3.6 veces mayor a la proporción observada por Bering et al. (2015) en población brasileña y puede estar relacionado con el hecho de que en nuestra población, la mayoría de las pacientes presentaban estadios avanzados de la enfermedad, en contraste con la población reclutada en ese estudio, en donde una mayor proporción correspondía a estadios tempranos. Además, las discrepancias en la clasificación del AF también pueden relacionarse con el punto de corte empleado, ya que este grupo de investigadores no reportan el valor de referencia utilizado para evaluar el AF. A su vez, otra investigación brasileña reportó que la media del AF para las pacientes en quimioterapia fue de 5.7 °, lo que es similar a lo observado en nuestra población (Koyama da Silva et al., 2015).

Dentro del grupo remisión la media del AF fue 1.1 ° menor a lo reportado en una población brasileña de mujeres con cáncer de mama en remisión bajo terapia hormonal con inhhibidores de la aromatasa (Mazzutti et al., 2021). Previamente se reportó que un AF > 5.6 ° podría sugerir una mejor calidad e integridad de las membranas celulares en las pacientes en remisión (Martins et al., 2021). Al respecto, destaca que una alta proporción de las mujeres del grupo remisión presentó un AF inferior al punto de corte sugerido por Martins et al. (2021). Lo anterior puede continuar relacionándose con los efectos adversos derivados del proceso oncológico, como la fatiga, pérdida de masa muscular esquelética, cambios en la integridad de las membranas celulares y en el balance de fluidos corporales (Martins et al., 2021).

Finalmente, se evaluó la presencia de sarcopenia en los diferentes grupos de estudio. El diagnóstico de sarcopenia se identificó únicamente en los grupos pre-quimioterapia y remisión, con una proporción inferior al 10 % en ambos grupos. En contraste, la sarcopenia probable presentó una prevalencia mayor. En el grupo pre-quimioterapia 8.7 % de las pacientes presentaron sarcopenia, valor 2.9 veces inferior al reportado por Jang et al. (2022) en población coreana. Este hallazgo podría ser explicado parcialmente por la edad de las participantes, dado que en nuestro estudio 24.3 % de la población tenían una edad ≥ 50 años, en contraste con el 59.9 % de las pacientes incluidas en el estudio coreano.

A su vez, un estudio en población brasileña evidenció que 5.4 % de las pacientes con cáncer de mama recién diagnosticado cursaban con sarcopenia probable y 14.1 % de ellas ya tenía el diagnóstico de sarcopenia (Da Silva et al., 2025). En nuestro estudio la sarcopenia probable se diagnosticó en 17.4 % de las pacientes. Las discrepancias entre los estudios de referencia con respecto a nuestros hallazgos también pueden guardar relación con la metodología y los puntos de corte empleados para el cálculo de la MMA y el diagnóstico de la dinapenia. Adicionalmente, la disminución en la función muscular observada en las pacientes con probable sarcopenia también podría relacionarse con el tratamiento quirúrgico recibido por una proporción de nuestra población (Guida et al., 2025). Por lo anterior, el manejo de la depleción muscular durante el transcurso del proceso oncológico, así como su tratamiento, constituyen un desafío primordial para los sistemas de salud (Mallard et al., 2021).

Una cuarta parte de las mujeres del grupo quimioterapia fueron diagnosticadas con probable sarcopenia y no se observaron pacientes con sarcopenia, por lo que nuestros datos difieren a lo encontrado en una investigación realizada en Túnez, en dónde el 12 % de las pacientes con neoplasias malignas en esquema quimioterapéutico cursaban con sarcopenia (Olfa et al., 2024). Asimismo, Morlino et al. (2022) observaron que 13.9 % de las pacientes en tratamiento presentaban sarcopenia; mientras que 31.1 % fueron clasificadas con pre-sarcopenia. Aun cuando nuestros datos de probable sarcopenia se aproximan a los reportados por Morlino et al. (2022), es relevante mencionar que dentro del estudio de ese grupo de investigadores la definición de pre-sarcopenia incluyó la presencia de alguno de los

siguientes indicadores: MMA o FPM baja; mientras que en nuestro estudio, solo se consideró la FPM baja para la clasificación de probable sarcopenia, esto de acuerdo con los lineamientos de la EWGSOP2 (Cruz-Jentoft et al., 2019). Por lo tanto, la similitud porcentual entre probable sarcopenia y pre-sarcopenia no necesariamente implica una equivalencia en la condición muscular de las pacientes.

Dentro del grupo remisión, 4.5 % de las pacientes se clasificaron con sarcopenia, esta proporción fue 3.5 veces inferior a la observada por Villaseñor et al. (2012) en mujeres libres de enfermedad. En nuestro estudio la población del grupo remisión se clasificó mayormente con probable sarcopenia, indicando que, si bien la MMA se encontraba por encima del valor de referencia, ya había una afectación importante en la función muscular. La sarcopenia está asociada con deterioro funcional y debilidad muscular, lo que puede repercutir en la calidad de vida de las pacientes (Caleça et al., 2023; Villaseñor et al., 2012). Además, como parte de su estudio Villaseñor et al. (2012) concluyeron que las mujeres con sarcopenia presentaron casi tres veces mayor probabilidad de morir por cualquier causa.

Se identificaron diferencias en el estado nutricional entre las distintas etapas de la enfermedad incluidas en este estudio. Si bien las pacientes en quimioterapia presentaron una mayor proporción de desnutrición de acuerdo con la VGS-GP, el análisis conjunto de los diferentes indicadores mostró un mayor deterioro de algunos componentes del estado nutricional en el grupo remisión, caracterizados por menores valores de AF, mayor proporción de pacientes con FPM baja y consecuentemente, una mayor frecuencia de probable sarcopenia.

La comparación del estado nutricional, la composición corporal y la función muscular entre diferentes etapas del tratamiento oncológico continúa siendo poco explorada en la literatura. Al respecto, un grupo de investigadores brasileños evaluaron cambios en indicadores relacionados con el estado nutricional antes del comienzo del tratamiento oncológico (T0) y posterior al término del mismo (TI), sin especificar el tiempo transcurrido desde la conclusión del tratamiento. En este estudio encontraron que, de acuerdo con el IMC, 77.7 % de las pacientes presentaron exceso de peso en el T0 y 83.3 % en el T1 ($p = 0.050$).

Además, evidenciaron una disminución en el AF entre el T0 con una media de 6.6 ° y el T1 con 6.0 ° ($p = 0.026$) (Mattos Dourado Esteves Justa et al., 2019). Estos hallazgos sugieren que las alteraciones en la composición corporal y la función muscular pueden persistir o manifestarse después de concluir el tratamiento oncológico, lo que resalta la importancia de brindar seguimiento nutricional en pacientes en remisión.

A su vez, Jang et al. (2022) realizaron un estudio en el que evaluaron los cambios en la composición corporal antes y después de la quimioterapia neoadyuvante. Los autores evidenciaron cambios significativos, entre ellos un aumento del IMC, del peso corporal y del índice de grasa visceral, así como una disminución del IMME. Asimismo, observaron un incremento en los casos de sarcopenia, que pasó de 25.2 % antes de la quimioterapia a 29.3 % después de la quimioterapia, por lo que recomendaron realizar evaluaciones e intervenciones tempranas con la finalidad de prevenir o reducir la pérdida de MME.

Por su parte, Koyama da Silva et al. (2015) realizaron un seguimiento de las pacientes en tres momentos: antes del inicio de la quimioterapia (T0), al finalizar el último ciclo de tratamiento (T1) y dos meses después del T1 (T2). Los investigadores encontraron un aumento del peso corporal en el T1 y T2 con respecto al T0 ($p < 0.001$). De manera similar, el IMC fue mayor en el T1 y T2 en comparación con el T0 ($p < 0.001$). En cuanto a la MG, se observó un incremento en T1 con respecto a T0 ($p = 0.021$) así como en T2 con respecto a T1 y T0 ($p = 0.021$). Finalmente, se identificó una disminución del AF en T1 con respecto al valor registrado antes del inicio de la quimioterapia ($p = 0.001$).

Aunque nuestros hallazgos concuerdan con lo reportado en investigaciones previas, es importante considerar que el diseño transversal de nuestro estudio no permite establecer cambios longitudinales en las variables evaluadas. Por su parte, la evidencia procedente de investigaciones longitudinales indica que la composición corporal, así como la integridad celular y la función muscular se modifican a lo largo del tratamiento y permanecen aún después de terminado el mismo. Estos cambios pueden influir en el pronóstico clínico de las pacientes, afectando su calidad de vida en cada una de sus etapas y además tienen una fuerte influencia sobre el riesgo de recurrencia y la tasa de mortalidad, la cual aumenta de dos a

cinco veces en los pacientes desnutridos (Muscaritoli et al., 2017). Por ello, la implementación de la evaluación nutricia, aun en pacientes con normopeso o peso excesivo, resulta vital y representa el punto de partida hacia la intervención nutricional oportuna.

7.3 Ingesta dietética en mujeres con cáncer de mama y mujeres sin cáncer

La evaluación dietética mostró que las pacientes del grupo pre-quimioterapia tenían un consumo proteínico por debajo de sus requerimientos ($p < 0.001$), no siendo así para el resto de los macronutrimentos y el consumo energético. Por su parte, un estudio español reportó un aporte energético y de hidratos de carbono ($p < 0.05$) inferior a los recomendados para la población española (Cabo García et al., 2019). Es relevante mencionar que los objetivos nutricionales marcados en nuestra población se calcularon de forma individualizada, considerando las recomendaciones para pacientes oncológicos; mientras que Cabo García et al. (2019) se basaron en recomendaciones estandarizadas para la población general. La ESPEN es una de las instituciones que ha marcado pautas específicas para la prescripción dietética del paciente con cáncer, siendo una de ellas la individualización de los requerimientos energéticos y de macronutrimentos, con el fin de detener o reducir el deterioro nutricional del paciente durante el proceso patológico (Muscaritoli et al., 2021).

Además, al evaluar el consumo de AG, observamos que nuestras pacientes presentaban una ingesta inferior de AG saturados y monoinsaturados y un consumo mayor de AG poliinsaturados en comparación con lo reportado por Cabo García et al. (2019). La diferencia en el consumo de AG monoinsaturados puede relacionarse con el uso del aceite de oliva en la población española. Por su parte, en México hay un mayor uso del aceite de maíz y soya los cuales aportan principalmente AG poliinsaturados (Capdevila et al., 2011).

El consumo dietético observado en el grupo quimioterapia fue inferior a lo reportado por un grupo de investigadores brasileños para la mayoría de los nutrimentos evaluados (Koyama da Silva et al., 2015); particularmente, nuestro estudio presentó menor ingesta energética, de hidratos de carbono, proteínas, lípidos, AG saturados y monoinsaturados. En contraste, el consumo de AG poliinsaturados y de fibra fue mayor en nuestra población. Las discrepancias entre los hallazgos reportados en ambos estudios pueden relacionarse en parte,

con características sociodemográficas, en este sentido, la población de Koyama da Silva et al. (2015) fue reclutada en un hospital privado en el que las pacientes presentaban un alto nivel educativo y socioeconómico, en contraste con nuestra población, la cual se reclutó en hospitales públicos y en su mayoría tenía un nivel socioeconómico medio y bajo nivel de estudios. Las condiciones socioeconómicas pueden influir en la capacidad de adquisición y disponibilidad de alimentos; mientras que la escolaridad puede relacionarse con los conocimientos y prácticas alimentarias (Turrell & Kavanagh, 2006). De esta forma, las diferencias en el contexto socioeconómico y educativo podrían contribuir a variaciones en la composición de la dieta.

Por su parte, la ingesta dietética en el grupo remisión fue superior a lo observado en mujeres brasileñas libres de enfermedad en cuanto al aporte energético, de hidratos de carbono, proteína, lípidos y AG monoinsaturados (Mazzutti et al., 2021). El consumo de AG saturados fue inferior; mientras que el consumo de AG poliinsaturados y de fibra fue similar entre ambos estudios. Las diferencias en la ingesta dietética entre ambas investigaciones pueden relacionarse en parte con la edad; mientras que la media en la edad de nuestras pacientes fue de 47.2 años, la media de la edad en la población de Mazzutti et al. (2021) fue de 65 años. En este sentido, se ha observado que los adultos mayores tienen una reducción en la ingesta energética que puede venir acompañada de la disminución en el aporte de nutrimentos como las proteínas (ter Borg et al., 2015).

En el contexto dietético, son pocos los estudios que han realizado una comparativa de los cambios en la ingesta alimentaria de pacientes con cáncer de mama en diferentes etapas del tratamiento. Por ejemplo, Dias Custódio et al. (2016) realizaron el seguimiento de pacientes en tres tiempos diferentes durante la quimioterapia, esto fue, después de la administración del primer ciclo de quimioterapia, en el periodo posterior a la administración del ciclo intermedio y después de la administración del último ciclo, encontrando una disminución significativa ($p < 0.05$) en la ingesta energética, de fibra, de lípidos y de AG saturados, monoinsaturados y poliinsaturados a lo largo del tratamiento. Dichos cambios fueron atribuidos a una disminución en el consumo de frutas, así como de vegetales de coloración verde y naranja y reducción en la ingesta de leguminosas.

Por su parte de Vries et al. (2017) llevaron a cabo un estudio longitudinal en mujeres con diagnóstico reciente de cáncer de mama en donde evaluaron los cambios en la ingesta dietética antes del inicio de la quimioterapia y durante el tratamiento. Como parte de este estudio, los investigadores no encontraron diferencias estadísticas en el consumo de las pacientes a lo largo del tratamiento, concluyendo que no había una asociación entre la ingesta dietética y el número de quimios administradas. Los resultados de de Vries et al. (2017) coinciden con lo observado por Koyama da Silva et al. (2015) quienes tampoco observaron diferencias estadísticas en el aporte energético y de macronutrimentos en pacientes con cáncer de mama antes del inicio de la quimioterapia, durante la quimioterapia y dos meses posteriores al término del tratamiento.

Como parte de nuestro estudio, las diferencias en la ingesta de energía, proteína o lípidos se encontraron al comparar el grupo control con respecto a las pacientes con cáncer de mama; sin embargo, al igual que lo observado por de Vries et al. y Koyama et al. no encontramos diferencias significativas en el consumo dietético al comparar entre los diferentes grupos con cáncer, más es necesario resaltar que a diferencia de estos investigadores nuestro estudio fue de carácter transversal, lo que podría representar una limitante. Como parte de los hallazgos, observamos que las pacientes en quimioterapia presentaban una ingesta energética y de hidratos de carbono por debajo de sus requerimientos. A su vez, todos los grupos de pacientes con cáncer de mama tuvieron una ingesta proteínica deficiente. La ingesta baja de proteína puede relacionarse con la aversión al consumo de carne asociado con el tratamiento quimioterapéutico (Yung et al., 2022). Aunado a lo anterior, la presencia de síntomas gastrointestinales también limita el consumo de algunos alimentos lo que repercute en el aporte energético (Ocón Bretón et al., 2017). Además, se ha reportado que el diagnóstico de cáncer puede llevar a que las pacientes realicen modificaciones en sus hábitos alimentarios, provocando cambios en la ingesta de macronutrimentos y por ende en el aporte calórico (Caprara et al., 2021).

7.4 Diversidad alfa y beta del bacterioma intestinal de pacientes con cáncer de mama y controles sin enfermedad oncológica

La disbiosis a nivel intestinal es uno de los mecanismos propuestos para el desarrollo, la progresión y la recurrencia del cáncer de mama, por lo cual su estudio y comprensión resultan fundamentales para el diseño de intervenciones nutricionales adecuadas a cada una de las etapas del tratamiento oncológico (Hou et al., 2026; Kabbej et al., 2026; Laborda-Illanes et al., 2020). La evaluación de la diversidad bacteriana resulta relevante, ya que permite caracterizar la riqueza, diversidad y equidad de las comunidades intestinales, así como identificar diferencias en su composición entre grupos de pacientes (Kabbej et al., 2026; Kedia & Ahuja, 2023; Kers & Saccenti, 2022). Su análisis en diferentes etapas clínicas contribuye a comprender mejor las variaciones del bacterioma intestinal asociadas con el contexto del cáncer de mama.

Al evaluar la diversidad α y β en nuestra población, se identificó mayor riqueza observada en el grupo pre-quimioterapia en comparación con el grupo control ($p < 0.005$), indicando un mayor número de taxones bacterianos en las muestras de las pacientes pre-quimioterapia. Sin embargo, esta diferencia no se acompañó de cambios significativos en los índices de Shannon, Simpson y Pielou, lo que sugiere que un mayor número de taxones en las pacientes pre-quimioterapia no se tradujo en diferencias detectables en la diversidad considerando la abundancia relativa y distribución de los taxones. Además, la diversidad β mostró diferencias significativas entre el grupo pre-quimioterapia y el grupo control ($p = 0.002$), indicando que las comunidades bacterianas intestinales difieren en su composición. En conjunto esto significa que, aun cuando ambos grupos presenten valores similares en algunos índices de diversidad α, pueden estar constituidos por diferentes taxones bacterianos.

Los hallazgos mencionados concuerdan en parte con lo reportado por un estudio estadounidense (Kabbej et al., 2026). Contrario a nuestro estudio, estos investigadores observaron menor diversidad α en sus pacientes con cáncer de mama previo al tratamiento, en comparación con el grupo control ($p = 0.040$). Mientras que al igual que en nuestra

población, encontraron diferencias al evaluar la diversidad β de ambos grupos ($p = 0.048$) (Kabbej et al., 2026). A su vez, investigadores franceses encontraron que el grupo de pacientes con cáncer de mama recién diagnosticado tenía menor diversidad α en contraste con el grupo control ($p = 0.040$) de acuerdo con el índice de Shannon (Bobin-Dubigeon et al., 2021). Si bien, comúnmente se considera que una diversidad α es reflejo de un bacterioma intestinal saludable, también se ha demostrado que en algunas patologías una diversidad α mayor y por lo tanto una microbiota más diversa podría ser perjudicial (Wilmanski et al., 2021). En población con cáncer de mama, los estudios han reportado resultados heterogéneos, observando tanto una diversidad alta como baja, lo que sugiere que su relación con la enfermedad no depende exclusivamente del número de taxones presentes, sino también de la composición y características funcionales de la comunidad bacteriana (Bobin-Dubigeon et al., 2021; Kabbej et al., 2026; Zhu et al., 2018).

Previamente se ha descrito que el tratamiento quimioterapéutico puede modificar la diversidad α y β mediante alteraciones en la composición del bacterioma intestinal (Aarnoutse et al., 2022; Zhou et al., 2025). En concordancia con estos antecedentes, nuestros resultados sugieren que la quimioterapia podría asociarse con cambios en la estructura de las comunidades bacterianas intestinales. La coexistencia de una mayor riqueza taxonómica con menores valores de diversidad y equidad en el grupo quimioterapia sugiere que, aún con la presencia de un mayor número de taxones, sus abundancias podrían distribuirse de manera poco uniforme, favoreciendo el predominio de algunos microorganismos sobre otros. Asimismo, las diferencias en la diversidad β entre el grupo quimioterapia y los grupos control y remisión, indican que las comunidades bacterianas presentaron composiciones distintas, lo que podría reflejar perfiles microbianos específicos en las diferentes etapas estudiadas. No obstante, estas diferencias no permiten establecer si los hallazgos del grupo quimioterapia representan una alteración poco favorable del bacterioma, ni atribuirlos directamente al tratamiento oncológico, debido al diseño transversal del estudio.

Por su parte, un estudio en pacientes estadounidenses con cáncer de mama en tratamiento quimioterapéutico, no observó diferencias significativas en la diversidad α

evaluada mediante el índice de Shannon. Sin embargo, la diversidad β si difirió entre ambos grupos ($p = 0.04$) (Hoang et al., 2024). En contraste con nuestros resultados, otro estudio estadounidense realizado por Bilenduke et al. (2022) no identificaron diferencias estadísticas al evaluar la diversidad α mediante el índice de diversidad filogenética de Faith y tampoco encontraron diferencias en la diversidad β. Las discrepancias entre los hallazgos podrían estar relacionadas con las características clínicas de las pacientes y en los métodos empleados para evaluar la diversidad microbiana. Mientras que 82 % de las pacientes de Hoang et al. (2024) y el 62 % de las pacientes de Bilenduke et al. (2022) estaban en estadios tempranos de la enfermedad, el 62.5 % de nuestras pacientes se encontraban en estadios tardíos. Adicionalmente, Bilenduke et al. (2022) utilizaron el índice de diversidad filogenética de Faith para evaluar la diversidad α, el cual considera las relaciones filogenéticas entre los taxones (Tucker et al., 2017), por lo que no es directamente comparable con los índices utilizados en nuestro estudio.

Además de su posible papel en el desarrollo del cáncer de mama, la composición del bacterioma intestinal en las pacientes en remisión podría constituir un factor asociado con el riesgo de recurrencia tumoral (Hou et al., 2026). Por lo tanto, el estudio del bacterioma intestinal se vuelve esencial durante esta etapa. En este sentido, observamos que el grupo remisión presentaba un mayor número de taxones observados en las muestras analizadas; por su parte, el grupo control presentó mayor equidad en la distribución de las abundancias bacterianas, evidenciada mediante el índice de Pielou. En un estudio realizado en mujeres portuguesas con cáncer de mama en remisión, se evaluó la diversidad α mediante el índice de Chao1 observando mayor riqueza estimada en el grupo de pacientes en remisión en comparación con el grupo control ($p < 0.001$); mientras que al igual que en nuestra población, no encontraron diferencias significativas al evaluar el índice de Shannon (Caleça et al., 2023). Este grupo de investigadores también observó diferencias en la composición bacteriana entre grupos al evaluar la diversidad β (Caleça et al., 2023). En conjunto, estos hallazgos sugieren que las mujeres con cáncer de mama en remisión pueden presentar diferencias en la riqueza y la composición del bacterioma intestinal en comparación con las mujeres sin cáncer y que las alteraciones en la composición del bacterioma intestinal podrían

persistir después de la finalización del tratamiento. Sin embargo, aún no está claramente establecido si estas diferencias representan cambios persistentes o cuál es el periodo de tiempo necesario para que la composición bacteriana de las mujeres en remisión se aproxime a la observada en mujeres sin antecedentes de enfermedad oncológica (Caleça et al., 2023).

Son pocos los estudios que han evaluado el bacterioma intestinal en pacientes con cáncer de mama, especialmente en mujeres que se encuentran en remisión de la enfermedad. Asimismo, son escasas las investigaciones que han caracterizado dentro del mismo estudio el bacterioma intestinal en diferentes fases del tratamiento del cáncer de mama. Dentro de nuestro estudio observamos que el grupo remisión presentó mayor riqueza y menor dominancia en comparación con el grupo quimioterapia ($p = 0.027$), de acuerdo al índice de Simpson. Además, el grupo remisión tuvo un mayor número de especies observadas y menor equidad en comparación con el grupo control, esto de acuerdo con los índices de riqueza observada y Pielou. Además, al evaluar la diversidad β se evidenciaron diferencias significativas en la composición bacteriana entre los grupos quimioterapia y remisión. Lo que indica que las comunidades bacterianas intestinales de ambos grupos difieren en los taxones presentes y/o abundancias relativas, lo que sugiere que el bacterioma intestinal presenta características distintas entre el grupo en remisión y las controles.

Al comparar nuestros resultados con los reportados por Terrisse et al. (2021), se identificaron algunas similitudes. Estos autores evaluaron el bacterioma intestinal de mujeres francesas con cáncer de mama antes y un año después del tratamiento quimioterapéutico, sin encontrar diferencias estadísticas entre ambos grupos. Mientras que al evaluar la diversidad β observaron que la composición bacteriana difería entre los grupos estudiados. Por su parte, investigadores estadounidenses realizaron un estudio longitudinal en dónde evaluaron los cambios en el bacterioma intestinal de mujeres previo al tratamiento quimioterapéutico adyuvante o neoadyuvante y aproximadamente un mes posterior al término del tratamiento oncológico, esto es después de que las pacientes hubieran recibido el tratamiento quirúrgico, quimio y radioterapéutico (Wu et al., 2022). En este estudio observaron que la diversidad α de las mujeres en tratamiento neoadyuvante aumentó, de acuerdo con los siguientes índices: riqueza observada ($p = 0.030$), de Chao1 ($p = 0.030$) y de Shannon ($p = 0.020$). En contraste,

no se encontraron diferencias al evaluar la diversidad β de los grupos antes y después del tratamiento oncológico. En conjunto, las discrepancias observadas entre los estudios podrían estar relacionadas con las diferencias en el diseño de las investigaciones, el momento de evaluación de las pacientes y las características de los tratamientos recibidos, así como las características clínicas de las pacientes, como el estadio tumoral. Es importante considerar que, a diferencia de los estudios longitudinales estudiados, nuestra investigación comparó grupos independientes de pacientes en distintas etapas clínicas, por lo que las diferencias identificadas en la diversidad bacteriana no representan cambios interindividuales asociados con el tratamiento. No obstante, nuestros resultados permiten identificar diferencias en la composición del bacterioma intestinal entre las etapas clínicas evaluadas, lo que resalta la importancia de estudiar su comportamiento en distintos momentos del proceso oncológico.

7.5 Bacterioma intestinal de pacientes con cáncer de mama en diferentes fases del tratamiento y controles sin cáncer

Si bien los índices de diversidad nos permiten identificar cambios en la estructura del bacterioma intestinal, resulta esencial identificar aquellas poblaciones bacterianas específicas que se encuentran alteradas en las mujeres con cáncer de mama previo al inicio del tratamiento con quimioterapia, ya que estas bacterias podrían estar asociadas con procesos relacionados con el desarrollo y progresión de los tumores malignos de mama (Kabbej et al., 2026). Por lo anterior, se evaluó la abundancia relativa de los géneros bacterianos más abundantes. En este sentido, nuestros resultados fueron parcialmente similares a los observados en una población estadounidense, en donde se evidenció mayor abundancia relativa de *Blautia* en pacientes con cáncer de mama recién diagnosticado, independientemente del subtipo molecular, en comparación con el grupo control ($p = 0.011$) (Kabbej et al., 2026). Asimismo, se observó menor abundancia relativa de *Ruminococcus* en pacientes con tumores RE+ HER2- respecto a los controles ($p = 0.008$) (Kabbej et al., 2026). En nuestro estudio no encontramos diferencias significativas para *Blautia* ($p = 0.050$); mientras que al igual que Kabbej et al. (2026), el género *Ruminococcus* fue significativamente menor en cada uno de los grupos de cáncer de mama en comparación con el grupo control. *Ruminococcus* comprende algunos microorganismos intestinales que

participan en la fermentación de hidratos de carbono no digeribles para dar lugar a metabolitos como los AGCC, favoreciendo la integridad intestinal y modulando la respuesta inflamatoria e inmunológica (Kim et al., 2024). En el contexto del cáncer de mama, se ha observado que *Ruminococcus spp.* no cultivado, presenta mayor abundancia relativa en pacientes que respondieron de forma favorable a la quimioterapia neoadyuvante y que presenta una correlación positiva con la infiltración tumoral de linfocitos T CD4+ (Zhou et al., 2025). En este sentido, la menor abundancia relativa de *Ruminococcus* observada en nuestros grupos de cáncer de mama, podría ser relevante desde una perspectiva inmunológica; sin embargo, dentro de nuestro estudio no es posible establecer si esta diferencia se relaciona con una modificación de la respuesta antitumoral.

Por su parte, Bobin-Dubigeon et al. (2021), también evidenciaron mayor abundancia relativa de *Blautia* en el grupo de pacientes francesas con cáncer de mama recién diagnosticado, en contraste con las controles sin cáncer ($p = 0.045$) y no observaron diferencias estadísticas al evaluar la abundancia relativa de *Bifidobacterium*. En cuanto a *Bifidobacterium*, nuestros hallazgos muestran mayor abundancia relativa del género en los grupos de cáncer de mama, independientemente de la etapa, en comparación con los controles ($p < 0.001$). Este género bacteriano constituye un componente relevante del bacterioma a nivel intestinal y algunas de sus especies se han relacionado con la modulación de la respuesta inmunitaria antitumoral (Martin et al., 2023). Asimismo, algunas especies de *Bifidobacterium* presentan actividad β-glucuronidasa, que favorece la desconjugación y reabsorción intestinal de estrógenos, lo que podría influir en procesos relacionados con el cáncer de mama (Wong et al., 2025). Sin embargo, debido a que nuestro estudio las comunidades bacterianas se identificaron únicamente a nivel de género, no es posible determinar si la abundancia relativa observada se relaciona con estas funciones. Por lo tanto, son necesarios más estudios que permitan esclarecer las implicaciones clínicas de *Bifidobacterium* en pacientes con cáncer de mama.

A su vez, en mujeres de Ghana con cáncer de mama recién diagnosticado se evidenció una mayor proporción de *Bacteroides* ($p < 0.001$); mientras que los controles tenían mayor abundancia de *Roseburia* ($p = 0.002$) y no observaron cambios al evaluar

Faecalibacterium (Byrd et al., 2021). En contraste, en nuestro estudio no encontramos diferencias estadísticas significativas al evaluar *Bacteroides* y *Roseburia* en las pacientes pre-quimioterapia frente al grupo control; sin embargo, evidenciamos mayor abundancia relativa de *Faecalibacterium* en el grupo control con respecto al grupo pre-quimioterapia ($p < 0.001$). Previamente se ha observado que la disminución de taxones comensales como *Faecalibacterium* en conjunto con el incremento de géneros proinflamatorios como *Prevotella*, *Fusobacterium* y *Desulfovibrio*, podría favorecer la progresión de tumores de mama mediante mecanismos como la modulación del metabolismo estrogénico y la regulación inmunológica (Wong et al., 2025).

Si bien, diferentes estudios han demostrado que el bacterioma intestinal de mujeres con cáncer de mama difiere del observado en mujeres sin cáncer, los resultados continúan siendo inconsistentes (Bobin-Dubigeon et al., 2021; Byrd et al., 2021; Goedert et al., 2015; Kabbej et al., 2026). Asimismo, las diferencias entre los subtipos moleculares de los tumores malignos de mama podrían influir en la composición del bacterioma intestinal (Kabbej et al., 2026). Además de las características propias de la enfermedad, diversos factores relacionados con características individuales y ambientales de las pacientes pueden contribuir con la variabilidad observada en la composición del bacterioma intestinal. Como parte de estos factores se encuentra la alimentación, el estilo de vida, la inflamación sistémica, el estado de salud, factores relacionados con el estado nutricional, la edad, el uso de medicamentos, la genética y el sistema inmunológico (Wallenborn & Vonaesch, 2022).

Dentro de estos factores, la alimentación constituye uno de los principales determinantes ambientales del bacterioma intestinal y puede contribuir a explicar las diferencias observadas entre poblaciones de distintas regiones geográficas (Wallenborn & Vonaesch, 2022). En este sentido, las diferencias en los patrones dietéticos y en la preparación de los alimentos podrían contribuir a explicar, al menos en parte, las discrepancias observadas entre nuestros resultados y los obtenidos por Bobin-Dubigeon et al. (2021), Byrd et al. (2021) y Kabbej et al. (2026) cuyas poblaciones presentan características dietéticas y culturales diferentes a las de la población mexicana, aun cuando todos los estudios incluyeron pacientes con cáncer de mama previo al inicio del tratamiento

quimioterapéutico. Estas diferencias incluyen el consumo de distintas cantidades de fibra dietética, grasas totales y saturadas, azúcares añadidos y alimentos de origen vegetal, así como variaciones en la ingesta de alimentos ultraprocesados. Por ejemplo, en México se ha documentado una ingesta elevada de azúcares añadidos y grasas saturadas, acompañado de un consumo insuficiente de fibra dietética (López-Olmedo et al., 2016), mientras que en Francia la ingesta promedio de fibra también se encuentra por debajo de las recomendaciones nutricionales (Vaillant et al., 2021).

Por su parte, al evaluar las abundancias relativas de las comunidades bacterianas en mujeres con cáncer de mama en quimioterapia observamos que los géneros *Agathobacter* ($p < 0.001$) y *Bifidobacterium* ($p < 0.001$), fueron más abundantes en el grupo quimioterapia en comparación con el grupo control; mientras que los géneros *Faecalibacterium* ($p < 0.001$) y *Ruminococcus g2* ($p = 0.016$) fueron más abundantes en el grupo control. Previamente se ha reportado una menor abundancia relativa de géneros bacterianos comensales como *Faecalibacterium* en pacientes con cáncer de mama. Este género, al igual que *Agathobacter* y *Ruminococcus,* es conocido por producir metabolitos antiinflamatorios, entre ellos el butirato, el cual puede contribuir a la modulación de la respuesta inmunológica y ejercer efectos antiproliferativos en células tumorales mamarias (Meiners et al., 2025; Wong et al., 2025). En contraste con nuestros hallazgos, una investigación previa no observó diferencias estadísticamente significativas en estos géneros al comparar pacientes estadounidenses con cáncer de mama en quimioterapia y controles sin cáncer (Hoang et al., 2024). Las discrepancias entre ambos estudios podrían estar relacionadas parcialmente con las diferencias en los esquemas de quimioterapia. Mientras que en nuestro grupo de pacientes los principales agentes quimioterapéuticos incluyeron doxorrubicina, ciclofosfamida y taxanos, como paclitaxel o docetaxel, las pacientes estudiadas por Hoang et al. (2024) recibieron principalmente esquemas basados en taxanos o platinos.

Anteriormente se ha reportado que las diferencias más marcadas en la abundancia de determinados taxones bacterianos ocurren durante el tratamiento con docetaxel, lo que podría estar relacionado con su alta eliminación a través de las heces y, por lo tanto, con una mayor exposición directa al tracto gastrointestinal. Por el contrario, la ciclofosfamida se

elimina principalmente por vía renal, por lo que su efecto sobre el bacterioma intestinal podría ser principalmente indirecto y estar mediado por cambios en la respuesta inmunitaria (Aarnoutse et al., 2022).

Además de las diferencias en los esquemas quimioterapéuticos, los estudios longitudinales han evidenciado que la quimioterapia puede asociarse con modificaciones en la abundancia de algunos taxones bacterianos. Dentro de los cambios descritos se encuentra el aumento de Enterobacterales no clasificados y *Lactobacillus*, así como la disminución de *Ruminococcaceae NK4A214 group* y *Ruminococcaceae UCG-005,* algunos de estos cambios se revirtieron al finalizar el tratamiento (Aarnoutse et al., 2022). Asimismo, se ha observado una disminución de bacterias asociadas con el cáncer de mama y con pronóstico desfavorable, junto con alteraciones en la abundancia de microorganismos comensales (Terrisse et al., 2021). Estos cambios también parecen depender del esquema terapéutico, ya que se han identificado diferencias en la abundancia de *Alistipes*, *Catenibacterium* y *Eubacterium* entre pacientes que recibieron quimoterapia neoadyuvante y aquellas con tratamiento adyuvante, así como una disminución *Actinomyces*, *Coprococcus* y *Ruminococcus* tras la administración de doxorrubicina y ciclofosfamida (Wu et al., 2022). En conjunto, estos hallazgos sugieren que las alteraciones del bacterioma intestinal durante la quimioterapia pueden variar según el agente quimioterapéutico y la modalidad de administración.

Como parte del análisis de los géneros bacterianos observados en las pacientes en remisión, encontramos que *Bifidobacterium* ($p < 0.001$) y *Prevotella* ($p= 0.003$) presentaron una mayor abundancia relativa en comparación con el grupo control. En contraste, *Faecalibacterium* ($p < 0.001$) y *Ruminococcus* ($p < 0.001$) fueron más abundantes en el grupo control; mientras que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la abundancia relativa de *Clostridium* entre ambos grupos. Estudios previos han reportado una asociación entre la abundancia de *Faecalibacterium* y *Prevotella* y los cambios en la interferencia de la fatiga en mujeres estadounidenses con cáncer de mama en remisión, sugiriendo una posible relación entre estos géneros y los síntomas experimentados por las pacientes (Paulsen et al., 2017). Nuestros hallazgos difieren en gran medida con lo observado

en un estudio realizado en mujeres portuguesas, en donde evidenciaron menor abundancia relativa de *Clostridium* ($p = 0.020$) y *Bifodobacterium* ($p < 0.001$) en el grupo remisión en comparación con el grupo control. Asimismo, no observaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos al evaluar la abundancia relativa de *Prevotella* (Caleça et al., 2023).

Las diferencias observadas entre ambos estudios podrían explicarse, en cierta medida, por las características de los tratamientos recibidos. En nuestro estudio el 80.9 % de las mujeres en remisión se encontraba recibiendo terapia endócrina con el objetivo de disminuir el riesgo de recurrencia. En contraste, la totalidad de las participantes de Caleça et al. (2023) había recibido terapia endócrina. Al respecto, se ha observado que la terapia hormonal puede asociarse con cambios en el ecosistema bacteriano intestinal (Caleça et al., 2023). Adicionalmente, observamos que el grupo remisión presentó una mayor abundancia relativa de *Enterococcus* ($p < 0.001$) y *Ruminococcus g2* ($p = 0.006$) en comparación con los grupos pre-quimioterapia y control. *Enterococcus* es un género de bacterias comensales que participan en la modulación del sistema iinmunológico; sin embargo, también presenta potencial patógeno, especialmente en pacientes inmunocomprometidos y en entornos hospitalarios, debido a su capacidad para adquirir factores de virulencia y resistencia a los antibióticos. Asimismo, una proliferación intestinal excesiva de estos microorganismos puede favorecer la formación de biopelículas y el intercambio de genes entre bacterias (Krawczyk et al., 2021). Una mayor abundancia relativa de *Enterococcus* en el grupo remisión no necesariamente implica un efecto beneficioso o patógeno, ya que las funciones dependen de las características específicas de las cepas presentes.

7.6 Bacterioma intestinal y desnutrición en pacientes con cáncer de mama y controles

Aun cuando los estudios sobre el bacterioma intestinal y la desnutrición son escasos, se sabe que un bacterioma asociado con la desnutrición podría presentar una menor capacidad para utilizar los nutrimentos (Fluitman et al., 2017). Los estudios que se han realizado sobre la relación del bacterioma intestinal con la desnutrición han mostrado una disminución del filo *Bacteroidota* y un aumento de los filos *Pseudomonadota*,

Actinomycetota y *Verrucomicrobiota* en los individuos desnutridos (Fluitman et al., 2017; Mack et al., 2016; Monira et al., 2011). Mientras que también se ha observado una disminución en la abundancia de las familias Ruminococcaceae y Lachnospiraceae (Chew et al., 2023).

En este estudio se realizó la comparación de la abundancia relativa de los taxones bacterianos previamente asociados con desnutrición, observando que al igual que en los estudios realizados por Fluitman et al. (2017) y Chew et al. (2023), las pacientes con cáncer de mama desnutridas tenían una menor abundancia relativa del filo *Bacteroidota* y mayor abundancia relativa del filo *Verrucomicrobiota* en contraste con las controles. Algunas bacterias de *Bacteroidota* participan en la degradación de hidratos de carbono complejos, por lo que una menor abundancia de este filo podría relacionarse con una menor disponibilidad de metabolitos microbianos relacionados con la homeostasis intestinal y metabólica (Fluitman et al., 2017). Asimismo, una ingesta baja de fibra dietética como la observada en nuestra población, podría favorecer la degradación de mucina y el aumento en la abundancia relativa de especies pertenecientes al filo *Verrucomicrobiota* favoreciendo un aumento en su abundancia relativa (Coker et al., 2021). Sin embargo, se necesitan más estudios que permitan esclarecer la probable relación entre este filo bacteriano y el estado nutricional.

Por su parte, la abundancia relativa del filo *Pseudomonadota* fue mayor en las pacientes con cáncer de mama normonutridas en comparación con el grupo control. Algunos géneros pertenecientes al filo *Pseudomonadota*, como *Klebsiella* y *Escherichia*, incluyen especies patógenas. Asimismo, se ha reportado una mayor abundancia relativa de este filo en niños con desnutrición, lo que se ha relacionado con la posible presencia de infecciones gastrointestinales y malabsorción de nutrimentos (Monira et al., 2011). No obstante, las diferencias observadas podrían relacionarse con las características clínicas y metabólicas de las poblaciones estudiadas, ya que aun cuando las pacientes con cáncer fueron clasificadas como normonutridas de acuerdo con la VGS-GP, la enfermedad oncológica puede incrementar el riesgo de alteraciones en la ingesta y pérdida de masa muscular, lo cual podría, en conjunto con la inflamación sistémica, contribuir a cambios en la composición del

bacterioma intestinal incluso antes de que se manifieste un deterioro nutricional clínicamente evidente (VanderVeen et al., 2024). Por lo tanto, es necesario realizar más estudios que permitan caracterizar las poblaciones bacterianas asociadas con un estado nutricional deteriorado en pacientes con enfermedades oncológicas.

7.7 Bacterioma intestinal y fuerza de prensión manual en mujeres con cáncer de mama y controles

En la actualidad, el estudio del bacterioma intestinal se ha consolidado como una línea de investigación relevante para comprender los cambios fisiopatológicos asociados con diferentes enfermedades. El eje intestino-músculo proporciona un posible vínculo entre el bacterioma y el deterioro de la función y la masa muscular (Kang et al., 2021). Derivado de lo anterior, Kang et al. (2021) realizaron un estudio en adultos mayores en donde observaron que los géneros *Lachnospira* y *Ruminococcus* se correlacionaban de forma positiva con la FPM. En nuestra población encontramos que los grupos de pacientes con cáncer de mama, independientemente de presentar una FPM adecuada o baja, mostraron una menor abundancia relativa de *Lachnospira* en comparación con el grupo control ($p < 0.05$).

Las afectaciones observadas en la abundancia relativa del género *Lachnospira* en ambos grupos de pacientes con cáncer de mama, podrían relacionarse con las diferencias en la FPM encontradas al evaluar el grupo control con respecto al grupo de cáncer de mama. Al comparar a las mujeres del grupo control con las pacientes con cáncer de mama, se evidenció una media significativamente menor de FPM en el grupo con cáncer de mama. Lo anterior indica que, aun cuando el 60.6 % de las pacientes con cáncer de mama presentó un FPM adecuada, existen afectaciones en la función muscular respecto al grupo control, evidenciadas por este indicador.

Las alteraciones en la función muscular de las pacientes con cáncer de mama, podrían estar influenciados por la enfermedad oncológica de base y por el tratamiento recibido (Caleça et al., 2023; Wu et al., 2022). Desde una perspectiva fisiológica, es relevante señalar que *Lachnospira* es un género considerado productor de AGCC, los cuales tienen la capacidad de atenuar la inflamación y contribuir al mantenimiento de la masa muscular

esquelética (Kang et al., 2021). Por lo anterior resulta fundamental realizar más estudios que permitan establecer la relación entre el bacterioma intestinal y la dinapenia en la población oncológica. Una mejor comprensión de esta relación podría contribuir al desarrollo de intervenciones nutricionales dirigidas a preservar la masa y función muscular.

7.8 Bacterioma intestinal y sarcopenia en mujeres con cáncer de mama y controles sin enfermedad oncológica

En el paciente oncológico la sarcopenia se origina debido al hipercatabolismo, el estado inflamatorio, la disminución de la actividad física, la anorexia y los efectos adversos derivados del tratamiento oncológico (Zhang et al., 2023). Adicionalmente, la disbiosis intestinal presente en esta población podría contribuir a agravar el deterioro de la función y la masa muscular (Siddiqui et al., 2022; Wang et al., 2024; Wu et al., 2024). La evidencia sobre la relación entre la composición del bacterioma intestinal y la sarcopenia en población oncológica aún es limitada. Kang et al. (2021) observaron en un grupo de adultos mayores chinos que aquellos que cursaban con sarcopenia presentaban menor abundancia relativa del filo *Bacillota* y de los géneros *Lachnospira* y *Fusicatenibacter*; ambos géneros han sido asociados con la producción de butirato. En general se ha observado que los AGCC podrían incrementar la función muscular, ya que se ha observado una mejora en la fuerza muscular posterior a su suplementación, sugiriendo la existencia de una relación directa entre la pérdida de bacterias productoras de butirato y la atrofia y deterioro funcional del músculo (Kang et al., 2021). A su vez, mediante el análisis discriminante lineal se identificó a la familia Porphyromonadaceae como biomarcador de sarcopenia y la familia Lactobacillaceae como biomarcador de probable sarcopenia (Kang et al., 2021). Además, previamente se ha observado una baja abundancia de Lachnospiraceae en adultos mayores con sarcopenia (Chew et al., 2023).

En nuestro estudio encontramos que, contrario a lo observado por Kang et al. (2021), las pacientes con cáncer de mama que presentaban probable sarcopenia/sarcopenia tenían mayor abundancia relativa del filo *Bacillota* en comparación con el grupo de cáncer de mama con masa muscular adecuada ($p = 0.012$). El filo *Bacillota* incluye géneros con funciones

metabólicas e inmunomoduladoras diversas (Tanca et al., 2024), por lo que su abundancia relativa no permite esclarecer una relación con la pérdida de función muscular, por lo tanto resulta esencial realizar estudios que incluyan asociaciones a nivel de género, especie y cepa.

Adicionalmente, el grupo de cáncer de mama con probable sarcopenia/sarcopenia, presentó mayor abundancia relativa de Lactobacillaceae en comparación con el grupo de cáncer de mama con MM adecuada, lo cual concuerda con lo reportado por Kang et al. (2021), quienes propusieron a la familia Lactobacillaceae como un biomarcador de probable sarcopenia. Por lo anterior, es importante mencionar que el 88.5 % de las participantes pertenecientes al grupo probable sarcopenia/sarcopenia tenían sarcopenia probable y que, de acuerdo con lo que describe Kang et al. (2021), una mayor abundancia de Lactobacillaceae podría estar asociado con alteraciones musculares. Asimismo, algunas cepas de *Lactobacillus* han demostrado capacidad para reducir las concentraciones de LPS, sugiriendo una posible participación en la modulación de la inflamación sistémica, la cual se relaciona con el desarrollo de sarcopenia.

También observamos que el género *Lachnospira* fue más abundante en el grupo control en contraste con los grupos de cáncer de mama ($p < 0.05$). De acuerdo con lo reportado por Kang et al. (2021), este género presenta menor abundancia en personas con sarcopenia, lo que podría sugerir una asociación entre su presencia y la producción de AGCC, así como entre estos metabolitos y el mantenimiento en la calidad y cantidad del músculo esquelético. Los AGCC podrían contribuir a modular la respuesta inflamatoria asociada con la enfermedad oncológica y con esto, favorecer al mantenimiento de la integridad muscular (Liu et al., 2025). No obstante, se requieren estudios que permitan esclarecer la relación entre el bacterioma intestinal, los AGCC y la sarcopenia en pacientes con cáncer de mama.

7.9 Limitantes y fortalezas de estudio

Este estudio posee algunas limitaciones. En primer lugar, el tamaño de muestra fue pequeño, lo que limitó la posibilidad de realizar análisis diferenciados de acuerdo con el subtipo molecular del tumor. Asimismo, debido al diseño transversal del estudio, no fue

posible establecer una relación temporal ni determinar si las diferencias observadas entre grupos fueron consecuencia del tratamiento. Por otra parte, si bien la secuenciación del gen 16S rRNA permitió identificar una amplia variedad de taxones bacterianos, esta metodología no permitió caracterizar las bacterias a nivel de especie o cepa.

Hasta donde sabemos, este es el primer estudio que incluye mujeres con cáncer de mama en distintas fases del tratamiento oncológico con el objetivo de evaluar las diferencias en el estado nutricional y la composición del bacterioma intestinal. Asimismo, se incorporó el análisis de taxones bacterianos previamente asociados con desnutrición o sarcopenia, lo que permitió una caracterización más amplia de la relación entre el estado nutricional y el bacterioma intestinal en la población estudiada.

VIII. Conclusiones

En oncología, la terapia nutricional debe constituir una parte integral del abordaje terapéutico multidisciplinario, iniciando desde el diagnóstico y manteniéndose durante las diferentes etapas del proceso oncológico, incluso posterior al término del tratamiento antineoplásico. El deterioro del estado nutricional y de la masa muscular constituyen un desafío importante para los sistemas de salud, tanto en pacientes con enfermedad activa como en aquellas en remisión. En este estudio observamos una alta tasa de desnutrición en las pacientes con cáncer de mama previo al inicio del tratamiento quimioterapéutico y durante el tratamiento oncológico. Sin embargo, las mujeres en remisión presentaron un deterioro nutricional mayor al observado en los otros grupos.

Asimismo, observamos diferencias en la diversidad α y en la composición de las comunidades bacterianas evaluadas mediante la diversidad β entre los diferentes grupos de pacientes con cáncer de mama y el grupo control. De manera relevante, el bacterioma intestinal de las mujeres en remisión continuó presentando diferencias respecto al grupo control, lo que sugiere que las alteraciones en el ecosistema intestinal pueden persistir aun en ausencia de enfermedad oncológica activa. Adicionalmente, se evidenciaron diferencias entre grupos en la abundancia relativa de taxones bacterianos previamente asociados con desnutrición, deterioro de la FPM y sarcopenia, lo que sugiere una relación entre el bacterioma intestinal y el estado nutricional de las pacientes con cáncer de mama. No obstante, son necesarias más investigaciones que permitan esclarecer la asociación entre ambas variables.

En conjunto, estos hallazgos resaltan la importancia de brindar una atención nutricional antes, durante y después del tratamiento oncológico, así como de continuar investigando las características del bacterioma intestinal durante cada una de estas etapas y su posible relación con el estado nutricional. La comprensión sobre el papel del bacterioma intestinal en el estado nutricional de la paciente con cáncer de mama, podría contribuir al desarrollo de estrategias de atención nutricional más especializadas.

IX. Referencias

Aarnoutse, R., Ziemons, J., Hillege, L. E., de Vos-Geelen, J., de Boer, M., Bisschop, S. M. P., Vriens, B. E. P. J., Vincent, J., van de Wouw, A. J., Le, G. N., Venema, K., Rensen, S. S., Penders, J., & Smidt, M. L. (2022). Changes in intestinal microbiota in postmenopausal oestrogen receptor-positive breast cancer patients treated with (neo)adjuvant chemotherapy. *NPJ Breast Cancer*, *8*(1), 89. https://doi.org/10.1038/S41523-022-00455-5

Abdeen, S. K., Mastandrea, I., Stinchcombe, N., Puschhof, J., & Elinav, E. (2025). Diet-microbiome interactions in cancer. *Cancer Cell*, (43), 680–707. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ccell.2025.03.013

Adam, R., Haileselassie, W., Solomon, N., Desalegn, Y., Tigeneh, W., Suga, Y., & Gebremedhin, S. (2023). Nutritional status and quality of life among breast Cancer patients undergoing treatment in Addis Ababa, Ethiopia. *BMC Women's Health*, *23*, 428. https://doi.org/10.1186/s12905-023-02585-9

Agrawal, N., Lanjhiyana, S. K., Jaiswal, M., Siddiqui, M. A., & Gupta, S. (2025). Colorectal cancer spectrum: From subtypes and epidemiology to oncotherapies. *Gastroenterology & Endoscopy*, *3*(2), 55–64. https://doi.org/10.1016/j.gande.2025.01.002

Alpuim Costa, D., Nobre, J. G., Batista, M. V., Ribeiro, C., Calle, C., Cortes, A., Marhold, M., Negreiros, I., Borralho, P., Brito, M., Cortes, J., Braga, S. A., & Costa, L. (2021). Human Microbiota and Breast Cancer—Is There Any Relevant Link?—A Literature Review and New Horizons Toward Personalised Medicine. *Frontiers in Microbiology*, *12*. https://doi.org/10.3389/FMICB.2021.584332/FULL

Alvero-Cruz, J. R., Gómez, L. C., Ronconi, M., Vázquez, R. F., & Manzañido, J. P. i. (2011). La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: Normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, *4*(4), 167–174.

Anton, S. C., Lazan, A., Grigore, M., Ilea, C., Scripcariu, Șadiye-I., Popa, S., Volovăț, S., Doroftei, B., Nicolaiciuc, D., Popovici, D., Costăchescu, G., Nicolaiciuc, O. S., & Anton, E. (2025). Current trends in breast cancer genetics, risk factors, and screening strategies. *Journal of Biological Methods*, *12*(2), e99010054. https://doi.org/10.14440/jbm.2025.0079

Arab, A., Karimi, E., Vingrys, K., & Shirani, F. (2021). Is phase angle a valuable prognostic tool in cancer patients' survival? A systematic review and meta-analysis of available literature. *Clinical Nutrition*, *40*(5), 3182–3190. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.01.027

Ardis, C. K., Bui, T. P. N., & Nieuwdorp, M. (2025). Gut microbiota in cancer cachexia: A new frontier for research and therapy. *Genes & Nutrition*, *20*(1), 28. https://doi.org/10.1186/s12263-025-00791-8

Arends, J., Muscaritoli, M., Anker, S., Audisio, R., Barazzoni, R., Bosnjak, S., Bossi, P., Bowman, J., Gijssels, S., Krznarić, Ž., Strasser, F., & Aapro, M. (2023). Overcoming barriers to timely recognition and treatment of cancer cachexia: Sharing Progress in Cancer Care Task Force Position Paper and Call to Action. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 103965. https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2023.103965

Argilés, J. M., López-Soriano, J., Almendro, V., Busquets, S., & López-Soriano, F. J. (2005). Cross-talk between skeletal muscle and adipose tissue: A link with obesity?: MUSCLE-FAT METABOLIC INTERRELATIONSHIPS. *Medicinal Research Reviews*, *25*(1), 49–65. https://doi.org/10.1002/med.20010

Argilés, J. M., Stemmler, B., López-Soriano, F. J., & Busquets, S. (2018). Inter-tissue communication in cancer cachexia. *Nature Reviews Endocrinology*, *15*(1), 9–20. https://doi.org/10.1038/s41574-018-0123-0

Arrobas Velilla, T., Guijarro, C., Campuzano Ruiz, R., Rodríguez Piñero, M., Valderrama Marcos, J. F., Pérez Pérez, A., Botana López, M. A., Morais López, A., García Donaire, J. A., Obaya, J. C., Castilla Guerra, L., Pallares Carratalá, V., Egocheaga Cabello, I., Salgueira Lazo, M., Castellanos Rodrigo, M. M., Mostaza Prieto, J. M., Gómez Doblas, J. J., & Buño Soto, A. (2023). Consensus document for lipid profile determination and reporting in Spanish clinical laboratories. What parameters should a basic lipid profile include? *Neurology Perspectives*, *3*(2), 91–100. https://doi.org/10.1016/j.arteri.2022.10.002

Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado. (2022). *Niveles Socioeconómicos AMAI*. https://www.amai.org/NSE/

Bailey, R. L. (2021). Overview of dietary assessment methods for measuring intakes of foods, beverages, and dietary supplements in research studies. *Current Opinion in Biotechnology*, *70*, 91–96. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2021.02.007

Balderas-Peña, L.-M.-A., González-Barba, F., Martínez-Herrera, B.-E., Palomares-Chacón, U.-R., Durán-Anguiano, O., Salazar-Páramo, M., Gómez-Sánchez, E., Dávalos-Cobián, C., Nava-Zavala, A.-H., Hernández-Chávez, G.-A., & Sat-Muñoz, D. (2020). Body Composition and Biochemical Parameters of Nutritional Status: Correlation with Health-Related Quality of Life in Patients with Colorectal Cancer. *Nutrients*, *12*(7), 2110. https://doi.org/10.3390/nu12072110

Barao, K., Cavagnari, M. A. V., Fucuta, P. S., & Forones, N. M. (2017). Association between Nutrition Status and Survival in Elderly Patients with Colorectal Cancer. *Nutrition in Clinical Practice*, *32*(5), 658–663. https://doi.org/10.1177/0884533617706894

Barzaman, K., Karami, J., Zarei, Z., Hosseinzadeh, A., Kazemi, M. H., Moradi-Kalbolandi, S., Safari, E., & Farahmand, L. (2020). Breast cancer: Biology, biomarkers, and treatments. *International Immunopharmacology*, *84*. https://doi.org/10.1016/j.intimp.2020.106535

Basaran, G., Turhal, N. S., Cabuk, D., Yurt, N., & Et., A. (2010). Weight gain after adjuvant chemotherapy in patients with early breast cancer in Istanbul Turkey. *Medical Oncology*. https://doi.org/10.1007/s12032-010-9463-x

Bauer, J., Capra, S., & Ferguson, M. (2002). Use of the scored Patient-Generated Subjective Global Assessment (PG-SGA) as a nutrition assessment tool in patients with cancer. *European Journal of Clinical Nutrition*, *56*(8), 779–785. https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601412

Benavides-Rodríguez, L., García-Hermoso, A., Rodrigues-Bezerra, D., Izquierdo, M., Correa-Bautista, J. E., & Ramírez-Vélez, R. (2017). Relationship between Handgrip Strength and Muscle Mass in Female Survivors of Breast Cancer: A Mediation Analysis. *Nutrients*, *9*(7). https://doi.org/10.3390/nu9070695

Bering, T., Fernandes Maurício, S., Braga Da Silva, J., & Toulson Davisson Correia, M. I. (2015). Nutritional and metabolic status of breast cancer women. *Nutricion Hospitalaria*, *31*(2), 751–758. https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.2.8056

Berrino, F., Villarini, A., Gargano, G., Krogh, V., Grioni, S., Bellegotti, M., Venturelli, E., Raimondi, M., Traina, A., Zarcone, M., Amodio, R., Mano, M. P., Johansson, H., Panico, S., Santucci de Magistris, M., Barbero, M., Gavazza, C., Mercandino, A., Consolaro, E., … Bruno, E. (2024). The Effect of Diet on Breast Cancer Recurrence: The DIANA-5 Randomized Trial. *Clinical Cancer Research*, *30*(5), 965–974. https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-23-1615

Bilenduke, E., Sterrett, J. D., Ranby, K. W., Borges, V. F., Grigsby, J., Carr, A. L., Kilbourn, K., & Lowry, C. A. (2022). Impacts of breast cancer and chemotherapy on gut microbiome, cognitive functioning, and mood relative to healthy controls. *Scientific Reports*, *12*(1), 19547. https://doi.org/10.1038/s41598-022-23793-7

Bindels, L. B., & Delzenne, N. M. (2013). Muscle wasting: The gut microbiota as a new therapeutic target? *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, *45*(10), 2186–2190. https://doi.org/10.1016/j.biocel.2013.06.021

Bobin-Dubigeon, C., Luu, H. T., Leuillet, S., Lavergne, S. N., Carton, T., Le Vacon, F., Michel, C., Nazih, H., Bard, J.-M., & Sayed, K. A. E. (2021). *Faecal Microbiota Composition Varies between Patients with Breast Cancer and Healthy Women: A Comparative Case-Control Study*. https://doi.org/10.3390/nu13082705

Bodai, B. I., & Nakata, T. E. (2020). Breast Cancer: Lifestyle, the Human Gut Microbiota/Microbiome, and Survivorship. *The Permanente Journal*, *24*(4), 19.129. https://doi.org/10.7812/TPP/19.129

Bravi, M., Fossati, C., Giombini, A., Mannacio, E., Borzuola, R., Papalia, R., Pigozzi, F., & Macaluso, A. (2023). Do the Testing Posture and the Grip Modality Influence the Shoulder

Maximal Voluntary Isometric Contraction? *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *8*(2), 45. https://doi.org/10.3390/jfmk8020045

Brenner, H., Kloor, M., & Pox, C. P. (2014). Colorectal cancer. *The Lancet*, *383*(9927), 1490–1502. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61649-9

Brown, J. S., Amend, S. R., Austin, R. H., Gatenby, R. A., Hammarlund, E. U., & Pienta, K. J. (2023). Updating the Definition of Cancer. *Molecular Cancer Research*, *21*(11), 1142–1147. https://doi.org/10.1158/1541-7786.MCR-23-0411

Bruinsma, T. J., Dyer, A.-M., Rogers, C. J., Schmitz, K. H., & Sturgeon, K. M. (2021). Effects of Diet and Exercise-Induced Weight Loss on Biomarkers of Inflammation in Breast Cancer Survivors: A Systematic Review and Meta-analysis. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, *30*(6), 1048–1062. https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-20-1029

Burden, S. T., Hill, J., Shaffer, J. L., & Todd, C. (2010). Nutritional status of preoperative colorectal cancer patients. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, *23*(4), 402–407. https://doi.org/10.1111/j.1365-277X.2010.01070.x

Byrd, D. A., Vogtmann, E., Wu, Z., Han, Y., Wan, Y., Clegg-Lamptey, J.-N., Yarney, J., Wiafe-Addai, B., Wiafe, S., Awuah, B., Ansong, D., Nyarko, K., Hullings, A. G., Hua, X., Ahearn, T., Goedert, J. J., Shi, J., Knight, R., Figueroa, J. D., … Sinha, R. (2021). Associations of fecal microbial profiles with breast cancer and non-malignant breast disease in the Ghana Breast Health Study. *Int J Cancer*, *11*(148), 2712–2723. https://doi.org/10.1002/ijc.33473

Cabo García, L., González González, M. P., Alonso Aperte, E., Rodicio Miravalles, J. L., Rodríguez Rubí, D., & Achón y Tuñón, M. (2019). Nutritional assessment of female patients newly diagnosed with breast cancer in a northern region of Spain. *Nutrición Hospitalaria*, *36*(6), 1332–1338. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20960/nh.02788

Caleça, T., Ribeiro, P., Vitorino, M., Menezes, M., Sampaio-Alves, M., Mendes, A. D., Vicente, R., Negreiros, I., Faria, A., & Alpuim Costa, D. (2023). Breast Cancer Survivors and Healthy Women: Could Gut Microbiota Make a Difference?—"BiotaCancerSurvivors": A Case-Control Study. *Cancers*, *15*(3), 1–17. https://doi.org/10.3390/cancers15030594

Cancer Minchot, E., & Moreno Borreguero, A. (2020). *Las grasas en nuestra alimentación*. Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición. https://www.seen.es/modulgex/workspace/publico/modulos/web/docs/apartados/1086/150420_103627_2463317370.pdf

Capdevila, F., Vizmanos, B., Escribano, J., Closa, R., Martínez-Lomeli, L., & Márquez-Sandoval, F. (2011). Dinámica de los componentes de la ingesta energética entre niños preescolares de España y México: Densidad energética y volumen alimentario en dos contextos. *Nutrición Hospitalaria*, *26*(3), 495–500.

Caprara, G., Tieri, M., Fabi, A., Guarneri, V., Falci, C., Dieci, M. V., Turazza, M., Ballardini, B., Bin, A., Cinieri, S., Vici, P., Montagna, E., Zamagni, C., Mazzi, C., Modena, A., Marchetti, F., Verzè, M., Ghelfi, F., Titta, L., … Gori, S. (2021). Results of the ECHO (Eating habits CHanges in Oncologic patients) Survey: An Italian Cross-Sectional Multicentric Study to Explore Dietary Changes and Dietary Supplement Use, in Breast Cancer Survivors. *Frontiers in Oncology*, *11*. https://doi.org/10.3389/fonc.2021.705927

Casagrande, J. T., Pike, M. C., & Smith, P. G. (1978). *An Improved Approximate Formula for Calculating Sample Sizes for Comparing Two Binomial An Improved Approximate Formula for Calculating Sample Sizes for Comparing Two Binomial Distributions* (Vol. 34, Issue 3, pp. 483–486). https://doi.org/doi.org/10.2307/2530613

Cathcart-Rake, E. J., Sanft, T., & Tevaarwerk, A. J. (2022). Weight gain after breast cancer diagnosis: It's complicated…. *Cancer*, *128*(17), 3152–3154. https://doi.org/10.1002/cncr.34343

Chan, O. Y. A., Tao, L., Chen, G., & Kong, L. (2025). The association of dietary fiber intake with colorectal cancer and related risks: A literature review of recent research. *Journal of Agriculture and Food Research*, *21*, 101999. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101999

Chávez Villasana, A., Ledesma Solano, J. Á., Mendoza Martínez, E., Calvo Carrillo, C., Castro González, M. I., Ávila Curiel, A., Sánchez-Castillo, C. P., & Pérez-Gil Romo, F. (2014). *Tablas de uso práctico del valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México* (3a ed). McGraw Hill.

Chew, W., Lim, Y. P., Lim, W. S., Chambers, E. S., Frost, G., Wong, S. H., & Ali, Y. (2023). Gut-muscle crosstalk. A perspective on influence of microbes on muscle function. *Frontiers in Medicine*, *9*, 1065365. https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1065365

Chun, Y. J., Sohn, S.-K., Song, H. K., Lee, S. M., Youn, Y. H., Lee, S., & Park, H. (2015). Associations of Colorectal Cancer Incidence with Nutrient and Food Group Intakes in Korean Adults: A Case-Control Study. *Clinical Nutrition Research*, *4*(2), 110. https://doi.org/10.7762/cnr.2015.4.2.110

Clusan, L., Ferrière, F., Flouriot, G., & Pakdel, F. (2023). A Basic Review on Estrogen Receptor Signaling Pathways in Breast Cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(7). https://doi.org/10.3390/ijms24076834

Coker, J. K., Moyne, O., Rodionov, D. A., & Zengler, K. (2021). Carbohydrates great and small, from dietary fiber to sialic acids: How glycans influence the gut microbiome and affect human health. *Gut Microbes*, *13*(1), 1869502. https://doi.org/10.1080/19490976.2020.1869502

Correia, M. I. T. D., Perman, M. I., Pradelli, L., Omaralsaleh, A. J., & Waitzberg, D. L. (2018). Economic burden of hospital malnutrition and the cost–benefit of supplemental parenteral

nutrition in critically ill patients in Latin America. *Journal of Medical Economics*, *21*(11), 1047–1056. https://doi.org/10.1080/13696998.2018.1500371

Crespo-García, C., Taaffe, D. R., Peddle-McIntyre, C. J., Jeffery, E., Campbell, J. P., Thomas, R., Galvao, D. A., & Newton, R. U. (2026). Precision nutrition in breast cancer: Towards patient- and tumour-informed dietary strategies. *Clinical Nutrition*, *61*, 106670. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2026.106670

Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., & Zamboni, M. (2019). Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*, *48*, 16–31. https://doi.org/doi:%2010.1093/ageing/afy169

da Fonseca, G. W. P., Farkas, J., Dora, E., von Haehling, S., & Lainscak, M. (2020). Cancer cachexia and related metabolic dysfunction. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(7). https://doi.org/10.3390/ijms21072321

Da Silva, N. T. D. F., Torres, D. M., Dos Santos Corrêa, M. V., Costa, R. M., Fabro, E. A. N., Aguiar, S. S., Saraiva, S. A., & Bergmann, A. (2025). The prevalence of sarcopenia and its associations with weekly energy expenditure and physical activity levels in female patients with breast cancer at the time of diagnosis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, *29*(4), 101224. https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2025.101224

Das, B. (2022). An introduction to human microbiome. In *Progress in Molecular Biology and Translational Science* (Vol. 191, pp. 1–28). Elsevier. https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2022.06.026

de Almeida, C., Penna, P. M., Pereira, S. S., Rosa, C. de O. B., & Franceschini, S. do C. C. (2021). Relationship between Phase Angle and Objective and Subjective Indicators of Nutritional Status in Cancer Patients: A Systematic Review. *Nutrition and Cancer*, *73*(11–12), 2201–2210. https://doi.org/10.1080/01635581.2020.1850815

De Leon-Oliva, D., González-Prieto, P., De Castro-Martinez, P., Boaru, D. L., Laguna-Hernández, P., Fraile-Martinez, O., García-Montero, C., Guijarro, L. G., López-González, L., Díaz-Pedrero, R., Álvarez-Mon, M., Saez, M. A., & Ortega, M. A. (2025). Revisiting the biological role of the Warburg effect: Evolving perspectives on cancer metabolism. *Pathology - Research and Practice*, *273*, 156151. https://doi.org/10.1016/j.prp.2025.156151

de Vries, Y. C., van den Berg, M. M. G. A., de Vries, J. H. M., Boesveldt, S., de Kruif, J. Th. C. M., Buist, N., Haringhuizen, A., Los, M., Sommeijer, D. W., Timmer-Bonte, J. H. N., van Laarhoven, H. W. M., Visser, M., Kampman, E., & Winkels, R. M. (2017). Differences in dietary intake during chemotherapy in breast cancer patients compared to women without

cancer. *Supportive Care in Cancer*, *25*(8), 2581–2591. https://doi.org/10.1007/s00520-017-3668-x

Delaloge, S., Khan, S. A., Wesseling, J., & Whelan, T. (2024). Ductal carcinoma in situ of the breast: Finding the balance between overtreatment and undertreatment. *The Lancet*, *403*(10445), 2734–2746. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00425-2

Dewi, C., Fristiohady, A., Amalia, R., Khairul Ikram, N. K., Ibrahim, S., & Muchtaridi, M. (2022). Signaling Pathways and Natural Compounds in Triple-Negative Breast Cancer Cell Line. *Molecules*, *27*(12), 3661. https://doi.org/10.3390/molecules27123661

Diario Oficial de la Federación. (1984). *LEY GENERAL DE SALUD*. Diario Oficial de La Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4652777&fecha=07/02/1984#gsc.tab=0

Dias Custódio, I. D., da Costa Marinho, E., Araújo Gontijo, C., Silva Pereira, T. S., Paiva, C. E., & de Paiva Maia, Y. C. (2016). Impact of Chemotherapy on Diet and Nutritional Status of Women with Breast Cancer: A Prospective Study. *PLoS ONE*, *11*(6), e0157113. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157113

Dieli-Conwright, C. M., Harrigan, M., Cartmel, B., Chagpar, A., Bai, Y., Li, F., Rimm, D. L., Pusztai, L., Lu, L., Sanft, T., & Irwin, M. L. (2022). Impact of a randomized weight loss trial on breast tissue markers in breast cancer survivors. *NPJ Breast Cancer*, *8*, 29. https://doi.org/10.1038/s41523-022-00396-z

Dodds, R. M., Syddall, H. E., Cooper, R., Benzeval, M., Deary, I. J., Dennison, E. M., Der, G., Gale, C. R., Inskip, H. M., Jagger, C., Kirkwood, T. B., Lawlor, D. A., Robinson, S. M., Starr, J. M., Steptoe, A., Tilling, K., Kuh, D., Cooper, C., & Sayer, A. A. (2014). Grip Strength across the Life Course: Normative Data from Twelve British Studies. *PLOS ONE*, *9*(12), 1–15. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113637

Edgar, R. C. (2010). Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST. *Bioinformatics (Oxford, England)*, *26*(19), 2460–2461. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq461

Eng, C., Yoshino, T., Ruíz-García, E., Mostafa, N., Cann, C. G., O'Brian, B., Benny, A., Perez, R. O., & Cremolini, C. (2024). Colorectal cancer. *The Lancet*, *404*(10449), 294–310. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00360-X

Evans, D. C., Corkins, M. R., Malone, A., Miller, S., Mogensen, K. M., Guenter, P., & Jensen, G. L. (2021). The Use of Visceral Proteins as Nutrition Markers: An ASPEN Position Paper. *Nutrition in Clinical Practice*, *36*(1), 22–28. https://doi.org/10.1002/ncp.10588

Feliciano, E. M. C., Kroenke, C. H., Meyerhardt, J. A., Prado, C. M., Bradshaw, P. T., Kwan, M. L., Xiao, J., Alexeeff, S., Corley, D., Weltzien, E., Castillo, A. L., & Caan, B. J. (2017).

Association of Systemic Inflammation and Sarcopenia With Survival in Nonmetastatic Colorectal Cancer: Results From the C SCANS Study. *JAMA Oncology*, *3*(12), e172319. https://doi.org/10.1001/JAMAONCOL.2017.2319

Fluitman, K. S., De Clercq, N. C., Keijser, B. J. F., Visser, M., Nieuwdorp, M., & Ijzerman, R. G. (2017). The intestinal microbiota, energy balance, and malnutrition: Emphasis on the role of short-chain fatty acids. *Expert Review of Endocrinology & Metabolism*, *12*(3), 215–226. https://doi.org/10.1080/17446651.2017.1318060

Ford, K. L., Sawyer, M. B., Ghosh, S., Trottier, C. F., Disi, I. R., Easaw, J., Mulder, K., Koski, S., Porter Starr, K. N., Bales, C. W., Arends, J., Siervo, M., Deutz, N., & Prado, C. M. (2024). Feasibility of two levels of protein intake in patients with colorectal cancer: Findings from the Protein Recommendation to Increase Muscle (PRIMe) randomized controlled pilot trial. *ESMO Open*, *9*(7), 103604. https://doi.org/10.1016/j.esmoop.2024.103604

Gillis, C., Richer, L., Fenton, T. R., Gramlich, L., Keller, H., Culos-Reed, S. N., Sajobi, T. T., Awasthi, R., & Carli, F. (2021). Colorectal cancer patients with malnutrition suffer poor physical and mental health before surgery. *Surgery*, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.surg.2021.04.003

Giron, M., Thomas, M., Dardevet, D., Chassard, C., & Savary-Auzeloux, I. (2022). Gut microbes and muscle function: Can probiotics make our muscles stronger? *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, *13*(3), 1460–1476. https://doi.org/10.1002/jcsm.12964

Goedert, J. J., Jones, G., Hua, X., Xu, X., Yu, G., Flores, R., Falk, R. T., Gail, M. H., Shi, J., Ravel, J., & Feigelson, H. S. (2015). Investigation of the Association Between the Fecal Microbiota and Breast Cancer in Postmenopausal Women: A Population-Based Case-Control Pilot Study. *JNCI J Natl Cancer Inst*, *107*(8), 147. https://doi.org/10.1093/jnci/djv147

Guida, A. M., Franceschilli, M., Leonetti, G., Bellato, V., Pirozzi, B. M., Fiorani, C., Siragusa, L., & Sica, G. S. (2025). Pathophysiology of metabolic changes and malnutrition in colorectal cancer's patients. *AME Medical Journal*, *10*, 13–13. https://doi.org/10.21037/amj-23-154

Gupta, D., Lammersfeld, C. A., Burrows, J. L., Dahlk, S. L., Vashi, P. G., Grutsch, J. F., Hoffman, S., & Lis, C. G. (2004). Bioelectrical impedance phase angle in clinical practice: Implications for prognosis in advanced colorectal cancer. *Am J Clin Nutr*, *80*, 1634–1638. https://doi.org/10.1093/ajcn/80.6.1634

Gupta, D., Lammersfeld, C. A., Vashi, P. G., King, J., Dahlk, S. L., Grutsch, J. F., & Lis, C. G. (2008). Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. *BMC Cancer*, *8*, 249. https://doi.org/10.1186/1471-2407-8-249

Gupta, D., Lis, C. G., Dahlk, S. L., King, J., Vashi, P. G., Grutsch, J. F., & Lammersfeld, C. A. (2008). The relationship between bioelectrical impedance phase angle and subjective global

assessment in advanced colorectal cancer. *Nutrition Journal*, *7*(19), 1–6. https://doi.org/10.1186/1475-2891-7-19

Gustafsson, U. O., Scott, M. J., Hubner, M., Nygren, J., Demartines, N., Francis, N., Rockall, T. A., Young-Fadok, T. M., Hill, A. G., Soop, M., De Boer, H. D., Urman, R. D., Chang, G. J., Fichera, A., Kessler, H., Grass, F., Whang, E. E., Fawcett, W. J., Carli, F., … Ljungqvist, O. (2025). Guidelines for Perioperative Care in Elective Colorectal Surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society Recommendations: 2018. *World Journal of Surgery*, *43*(3), 659–695. https://doi.org/10.1007/s00268-018-4844-y

Hanahan, D. (2022). Hallmarks of Cancer: New Dimensions. *Cancer Discovery*, *12*(1), 31–46. https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-21-1059

Hanahan, D. (2026). Hallmarks of cancer—Then and now, and beyond. *Cell*, *189*(8), 2254–2277. https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.12.049

His, M., Baggio, I., Chabaud, S., Tassy, L., Trédan, O., Fervers, B., & Pérol, O. (2025). Long-term weight change among breast cancer patients treated with chemotherapy: A longitudinal study over 13 years. *Breast Cancer Research : BCR*, *27*, 117. https://doi.org/10.1186/s13058-025-02079-6

Hoang, J., Gilbertson-White, S., Cady, N., Yadav, M., Shahi, S., Aguilar, L., Mangalam, A. K., & Cherwin, C. (2024). Preliminary Analysis of Gut Microbiome and Gastrointestinal Symptom Burden in Breast Cancer Patients Receiving Chemotherapy Compared to Healthy Controls. *Biological Research for Nursing*, *26*(2), 219–230. https://doi.org/10.1177/10998004231205277

Holtedahl, K., Borgquist, L., Donker, G. A., Buntinx, F., Weller, D., Campbell, C., Månsson, J., Hammersley, V., Braaten, T., & Parajuli, R. (2021). Symptoms and signs of colorectal cancer, with differences between proximal and distal colon cancer: A prospective cohort study of diagnostic accuracy in primary care. *BMC Family Practice*, *22*(1). https://doi.org/10.1186/S12875-021-01452-6

Hossain, Md. S., Karuniawati, H., Jairoun, A. A., Urbi, Z., Ooi, D. J., John, A., Lim, Y. C., Kibria, K. M. K., Mohiuddin, A. K. M., Ming, L. C., Goh, K. W., & Hadi, M. A. (2022). Colorectal Cancer: A Review of Carcinogenesis, Global Epidemiology, Current Challenges, Risk Factors, Preventive and Treatment Strategies. *Cancer*, *14*(1732), 1–25.

Hou, M.-F., Li, C.-L., Moi, S.-H., Chen, F.-M., Chen, J.-Y., Shih, S.-L., Kan, J.-Y., Yang, S.-F., & Chiang, C.-P. (2026). Longitudinal multiomics analysis of endocrine therapy effects and gut microbiota in breast cancer recurrence. *Communications Medicine*, *6*(117), 1–14. https://doi.org/10.1038/s43856-026-01384-1

Hsu, J.-W., Su, Y.-W., Tsai, C.-H., Lee, C.-C., Yang, H.-W., Lee, J.-J., Hsu, H.-H., Lee, F., & Yang, P.-S. (2025). Gut Microbiota Signatures Associate with Chemotherapy-Related Adverse Events in Breast Cancer Patients. *Cancers*, *17*(23), 3783. https://doi.org/10.3390/cancers17233783

Hui, D., Dev, R., Pimental, L., Park, M., Cerana, M. A., Liu, D., & Bruera, E. (2017). Association between Multi-frequency Phase Angle and Survival in Patients with Advanced Cancer. *J Pain Symptom Manage*, *53*(3), 571–577. https://doi.org/dx.doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2016.09.016

Huse, S. M., Dethlefsen, L., Huber, J. A., Welch, D. M., Relman, D. A., & Sogin, M. L. (2008). Exploring Microbial Diversity and Taxonomy Using SSU rRNA Hypervariable Tag Sequencing. *PLoS Genetics*, *4*(11), e1000255. https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1000255

IARC. (2024). *Cancer Today*. International Agency for Research on Cancer. https://gco.iarc.who.int/today/

IARC. (2026). *Global cancer statistics 2024: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 34 cancers in 186 countries* [Cancer statistics]. OMS. https://www.iarc.who.int/fr/news-events/global-cancer-statistics-2024-globocan-estimates-of-incidence-and-mortality-worldwide-for-34-cancers-in-186-countries

IARC/WHO. (2024). *Cancer Today*. https://gco.iarc.who.int/today/

INEGI. (2026a). *Estadísticas a propósito del Día Mundial contra el Cáncer*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2026/EAP_Cancer_26.pdf

INEGI. (2026b). *Estadísticas de defunciones registradas*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2026/edr/edr2025_CP_en-jun.pdf

Isak—The International Society for the Advancement of Kinanthropometry. (n.d.). Retrieved September 23, 2025, from https://www.isak.global/

Jang, M. K., Park, S., Park, C., Doorenbos, A. Z., Go, J., & Kim, S. (2022). Body composition change during neoadjuvant chemotherapy for breast cancer. *Frontiers in Oncology*, *12*, 941496. https://doi.org/10.3389/fonc.2022.941496

Ji, X., Wang, L., Luan, P., Liang, J., & Cheng, W. (2025). The impact of dietary fiber on colorectal cancer patients based on machine learning. *Frontiers in Nutrition*, *12*. https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1508562

Jiang, D., Yang, W., & Zhang, Y. (2025). Fatty acids and colorectal cancer: Insights from Mendelian randomization. *Medicine*, *104*(11), e41768. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000041768

Jiang, Y., & Li, Y. (2024). Nutrition Intervention and Microbiome Modulation in the Management of Breast Cancer. *Nutrients*, *16*(16). https://doi.org/10.3390/nu16162644

Kabbej, N., Sommerville, J. D., Gharaibeh, R. Z., Dang, K., Atencio, E., Rosenkrantz, E., Day, D., Ashby, F., Naas, T., Gauthier, J., Newsome, R., Jobin, C., Quevedo, A., MohamadZadeh, M., & Heldermon, C. D. (2026). Differences in composition and diversity of the gut microbiota of post-menopausal breast cancer patients. *Scientific Reports*, *16*(1), 16708. https://doi.org/10.1038/s41598-026-47558-8

Kang, L., Li, P., Wang, D., Wang, T., Hao, D., & Qu, X. (2021). Alterations in intestinal microbiota diversity, composition, and function in patients with sarcopenia. *Scientific Reports*, *11*(1), 4628. https://doi.org/10.1038/s41598-021-84031-0

Karin, M., Bogut, A., Hojsak, I., Babić, E., Volarić, M., & Bevanda, M. (2020). Nutritional status and its effect on complications in patients with colorectal cancer. *Wiener Klinische Wochenschrift*, *132*(15–16), 431–437. https://doi.org/10.1007/s00508-020-01671-4

Kashif, H., Raza, Q., Nawaz, S., Imran, K., Raza, S. Q., Iftikhar Malik, A., LNU, M., Jamil, A., Amjad, N., & Firyal, S. (2024). The Impact of Chemotherapy on the Nutritional Status of Breast Cancer Patients. *Cureus*, *16*(12), e76549. https://doi.org/10.7759/cureus.76549

Kedia, S., & Ahuja, V. (2023). Human gut microbiome: A primer for the clinician. *JGH Open*, *7*(5), 337–350. https://doi.org/10.1002/jgh3.12902

Kers, J. G., & Saccenti, E. (2022). The Power of Microbiome Studies: Some Considerations on Which Alpha and Beta Metrics to Use and How to Report Results. *Frontiers in Microbiology*, *12*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.796025

Kim, M., & Park, K. (2018). Dietary Fat Intake and Risk of Colorectal Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Studies. *Nutrients*, *10*(12), 1963. https://doi.org/10.3390/nu10121963

Kim, S. Y., Kim, J. S., & Han, E. C. (2019). Postoperative Weight Changes, Nutritional Status and Clinical Significance of Colorectal Cancer Patients. *Surgical Metabolism and Nutrition*, *10*(2), 46–53. https://doi.org/10.18858/smn.2019.10.2.46

Kim, Y.-J., Jung, D.-H., & Park, C.-S. (2024). Important roles of Ruminococcaceae in the human intestine for resistant starch utilization. *Food Science and Biotechnology*, *33*(9), 2009–2019. https://doi.org/10.1007/s10068-024-01621-0

Koh, B., Tan, D. J. H., Ng, C. H., Fu, C. E., Lim, W. H., Zeng, R. W., Yong, J. N., Koh, J. H., Syn, N., Meng, W., Wijarnpreecha, K., Liu, K., Chong, C. S., Muthiah, M., Luu, H. N., Vogel, A., Singh, S., Yeoh, K. G., Loomba, R., & Huang, D. Q. (2023). Patterns in Cancer Incidence

Among People Younger Than 50 Years in the US, 2010 to 2019. *JAMA Network Open*, *6*(8), e2328171. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.28171

Koyama da Silva, E. Y., Ferreira Carioca, A. A., Moreira Lima Verde, S. M., da Conceição Quintaneiro, E., & Et., A. (2015). Effect of Chemotherapy on Dietary Glycemic Index and Load in Patients with Breast Cancer and Their Relationships to Body Fat and Phase Angle. *Nutrition and Cancer*. https://doi.org/10.1080/01635581.2015.1019638

Krawczyk, B., Wityk, P., Gałęcka, M., & Michalik, M. (2021). The Many Faces of Enterococcus spp.—Commensal, Probiotic and Opportunistic Pathogen. *Microorganisms*, *9*(9), 1900. https://doi.org/10.3390/microorganisms9091900

Kwa, M., Plottel, C. S., Blaser, M. J., & Adams, S. (2016). The Intestinal Microbiome and Estrogen Receptor-Positive Female Breast Cancer. *JNCI J Natl Cancer Inst*, *108*(8), 1–10. https://doi.org/10.1093/jnci/djw029

Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J., & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis—Part I: Review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, *23*(5), 1226–1243. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004

Laborda-Illanes, A., Sanchez-Alcoholado, L., Dominguez-Recio, M. E., Jimenez-Rodriguez, B., Lavado, R., Comino-Méndez, I., Alba, E., & Queipo-Ortuño, M. I. (2020). Breast and gut microbiota action mechanisms in breast cancer pathogenesis and treatment. *Cancers*, *12*(2465), 1–27. https://doi.org/10.3390/cancers12092465

Larnder, A., Manges, A., & Murphy, R. (2025). The estrobolome: Estrogen-metabolizing pathways of the gut microbiome and their relation to breast cancer. *International Journal of Cancer*, *157*, 599–613. https://doi.org/10.1002/ijc.35427

Laskar, T. T., Laskar, H. M., Mazumder, J. A., Bhattacharjee, R., Husain, M. I., Das, B., Das, P., Choudhury, P. D., Arora, M., Borah, S., Chakraborty, D., Chakraborty, P., & Das, A. (2025). Decoding breast cancer: Insights into molecular pathways & therapeutic approaches. *Discover Oncology*, *16*, 2103. https://doi.org/10.1007/s12672-025-03764-w

Leandro-Merhi, V. A., Bráz, V. N., & Aquino, J. L. B. de. (2017). Is total lymphocyte count related to nutritional markers in hospitalized older adults? *Arquivos de Gastroenterologia*, *54*(1), 79–82. https://doi.org/10.1590/S0004-2803.2017V54N1-16

Lewandowska, A., Religioni, U., Czerw, A., Deptała, A., Karakiewicz, B., Partyka, O., Pajewska, M., Sygit, K., Cipora, E., Kmieć, K., Augustynowicz, A., Mękal, D., Waszkiewicz, M., Barańska, A., Mináriková, D., Minárik, P., & Merks, P. (2022). Nutritional Treatment of Patients with Colorectal Cancer. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(11). https://doi.org/10.3390/ijerph19116881

Libson, S., & Lippman, M. (2014). A review of clinical aspects of breast cancer. *International Review of Psychiatry*, *26*(1), 4–15. https://doi.org/10.3109/09540261.2013.852971

Liu, X., Xu, M., Wang, H., & Zhu, L. (2025). Role and Mechanism of Short-Chain Fatty Acids in Skeletal Muscle Homeostasis and Exercise Performance. *Nutrients*, *17*(9), 1463. https://doi.org/10.3390/nu17091463

López Sánchez, A. M., Moreno-Torres Herrera, R., Pérez De La Cruz, A. J., Orduña Espinosa, R., Medina, T., & López Martínez, C. (2005). Prevalencia de desnutrición en pacientes ingresados en un hospital de rehabilitación y traumatología. *Nutr. Hosp*, *20*(2), 121–130.

López-Olmedo, N., Carriquiry, A. L., Rodríguez-Ramírez, S., Ramírez-Silva, I., Espinosa-Montero, J., Hernández-Barrera, L., Campirano, F., Martínez-Tapia, B., & Rivera, J. A. (2016). Usual Intake of Added Sugars and Saturated Fats Is High while Dietary Fiber Is Low in the Mexican Population1234. *The Journal of Nutrition*, *146*(9), 1856S-1865S. https://doi.org/10.3945/jn.115.218214

López-Rodríguez-Arias, F., Sánchez-Guillén, L., Lillo-García, C., Aranaz-Ostáriz, V., Alcaide, M. J., Soler-Silva, Á., Soriano-Irigaray, L., Barber, X., & Arroyo, A. (2021). Assessment of Body Composition as an Indicator of Early Peripheral Parenteral Nutrition Therapy in Patients Undergoing Colorectal Cancer Surgery in an Enhanced Recovery Program. *Nutrients*, *13*(9). https://doi.org/10.3390/nu13093245

López-Santiago, N. (2016). La biometría hemática. *Acta Pediatr Mex.*, *37*(4), 241–246.

Luan, B., Ge, F., Lu, X., Li, Z., Zhang, H., Wu, J., Yang, Q., Chen, L., Zhang, W., & Chen, W. (2024). Changes in the fecal microbiota of breast cancer patients based on 16S rRNA gene sequencing: A systematic review and meta-analysis. *Clinical and Translational Oncology*, (26), 1480–1496. https://doi.org/10.1007/s12094-023-03373-5

Łukasiewicz, S., Czeczelewski, M., Forma, A., Baj, J., Sitarz, R., & Stanisławek, A. (2021). Breast cancer—Epidemiology, risk factors, classification, prognostic markers, and current treatment strategies—An updated review. *Cancers*, *13*(17). https://doi.org/10.3390/cancers13174287

Ma, W., Mao, Q., Xia, W., Dong, G., Yu, C., & Jiang, F. (2019). Gut microbiota shapes the efficiency of cancer therapy. *Frontiers in Microbiology*, *10*, 1–9. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01050

Mack, I., Cuntz, U., Grämer, C., Niedermaier, S., Pohl, C., Schwiertz, A., Zimmermann, K., Zipfel, S., Enck, P., & Penders, J. (2016). Weight gain in anorexia nervosa does not ameliorate the faecal microbiota, branched chain fatty acid profiles, and gastrointestinal complaints. *Scientific Reports*, *6*, 26752. https://doi.org/10.1038/srep26752

Majid, H. A., Keow, L. P., Islam, T., Su, T. T., & Et., A. (2018). Nutritional Status of Breast Cancer Survivors 1 Year after Diagnosis: A Preliminary Analysis from the Malaysian Breast Cancer Survivorship Cohort Study. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. https://doi.org/10.1016/j.jand.2017.05.024

Małecka-Massalska, T., Chara, K., Smolen, A., Kurylcio, A., Polkowski, W., & Lupa-Zatwarnicka, K. (2012). Bioimpedance vector pattern in women with breast cancer detected by bioelectric impedance vector analysis. Preliminary observations. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, *19*(4).

Mallard, J., Hucteau, E., Hureau, T. J., & Pagano, A. F. (2021). Skeletal Muscle Deconditioning in Breast Cancer Patients Undergoing Chemotherapy: Current Knowledge and Insights From Other Cancers. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, *9*. https://doi.org/10.3389/fcell.2021.719643

Mallard, J., Hucteau, E., Schott, R., Trensz, P., Pflumio, C., Kalish-Weindling, M., Favret, F., Pivot, X., Hureau, T. J., & Pagano, A. F. (2023). Early skeletal muscle deconditioning and reduced exercise capacity during (neo)adjuvant chemotherapy in patients with breast cancer. *Cancer*, *129*(2), 215–225. https://doi.org/10.1002/cncr.34533

Mancin, L., Wu, G. D., & Paoli, A. (2023). Gut microbiota–bile acid–skeletal muscle axis. *Trends in Microbiology*, *31*(3), 254–269. https://doi.org/10.1016/j.tim.2022.10.003

Martin, A. J. M., Serebrinsky-Duek, K., Riquelme, E., Saa, P. A., & Garrido, D. (2023). Microbial interactions and the homeostasis of the gut microbiome: The role of Bifidobacterium. *Microbiome Research Reports*, *2*(3), 17. https://doi.org/10.20517/mrr.2023.10

Martin, M. (2011). CUTADAPT removes adapter sequences from high-throughput sequencing reads. *EMBnet.Journal*, *17*. https://doi.org/10.14806/ej.17.1.200

Martins, A. D., Oliveira, R., Brito, J. P., Costa, T., Ramalho, F., Pimenta, N., & Santos-Rocha, R. (2021). Phase angle cutoff value as a marker of the health status and functional capacity in breast cancer survivors. *Physiology & Behavior*, *235*, 1–6. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113400

Matsuda, T., Fujimoto, A., & Igarashi, Y. (2025). Colorectal Cancer: Epidemiology, Risk Factors, and Public Health Strategies. *Digestion*, *106*(2), 91–99. https://doi.org/10.1159/000543921

Mattos Dourado Esteves Justa, R., Queiroz Machado, V. M., Alves Lima, C., da Silva Castro, Á., Oliveira Duarte Araújo, C., & Moreira Lima Verde, S. M. (2019). BREAST CANCER SURVIVORS HAVE LESS LEAN MASS AND LOWER PHASE ANGLE AFTER CANCER TREATMENT. *Mastology*, *29*(4), 180–185. https://doi.org/10.29289/2594539420190000465

Maurício, S. F., Xiao, J., Prado, C. M., Gonzalez, M. C., & Correia, M. I. T. D. (2018). Different nutritional assessment tools as predictors of postoperative complications in patients undergoing colorectal cancer resection. *Clinical Nutrition*, *37*(5), 1505–1511. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.08.026

Mazzutti, F. S., Custódio, I. D. D., Lima, M. T. M., Carvalho, K. P. de, Pereira, T. S. S., Molina, M. del C. B., Canto, P. P. L., Paiva, C. E., & Maia, Y. C. de P. (2021). Breast Cancer Survivors Undergoing Endocrine Therapy Have a Worrying Risk Factor Profile for Cardiovascular Diseases. *Nutrients*, *13*(4). https://doi.org/10.3390/nu13041114

McGuinness, A. J., Loughman, A., Foster, J. A., & Jacka, F. (2024). Mood Disorders: The Gut Bacteriome and Beyond. *Biological Psychiatry, The Microbiome at the Interface of the Exposome and Risk for Psychiatric Disorders*, *95*(4), 319–328. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2023.08.020

Medina, M. A., Oza, G., Sharma, A., Arriaga, L. G., Hernández, J. M. H., Rotello, V. M., & Ramirez, J. T. (2020). Triple-Negative Breast Cancer: A Review of Conventional and Advanced Therapeutic Strategies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(6). https://doi.org/10.3390/ijerph17062078

Meiners, F., Ortega-Matienzo, A., Fuellen, G., & Barrantes, I. (2025). Gut microbiome-mediated health effects of fiber and polyphenol-rich dietary interventions. *Frontiers in Nutrition*, *12*, 1647740. https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1647740

Méndez-Rojas, B., Guerrero-Nieto, K. M., Hernández-Oviedo, R., Caamaño, M. del C., Rosado, J. L., & García, O. P. (2024). Comprehensive nutritional assessment with phase angle for early undernutrition detection in colorectal cancer patients. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, *7*(4), 6–17. https://doi.org/10.35454/rncm.v7n4.648

Mohammadi, S., Sulaiman, S., Koon, P. B., Amani, R., & Hosseini, S. M. (2013). Association of Nutritional Status with Quality of Life in Breast Cancer Survivors. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, *14*(12), 7749–7755. https://doi.org/10.7314/APJCP.2013.14.12.7749

Mohar, A., Bargalló, E., Ramírez, M. T., Lara, F., & Beltrán-Ortega, A. (2009). Recursos disponibles para el tratamiento del cáncer de mama en México. *Salud Pública de México*, *51*, s263–s269.

Monira, S., Nakamura, S., Gotoh, K., Izutsu, K., Watanabe, H., Alam, N. H., Endtz, H. P., Cravioto, A., Ali, S. I., Nakaya, T., Horii, T., Iida, T., & Alam, M. (2011). Gut microbiota of healthy and malnourished children in Bangladesh. *Frontiers in Microbiology*, *2*(NOV). https://doi.org/10.3389/fmicb.2011.00228

Morlino, D., Marra, M., Cioffi, I., Santarpia, L., Placido, P. D., Giuliano, M., Angelis, C. D., Carrano, S., Verrazzo, A., Buono, G., Naccarato, M., Di Vincenzo, O., Speranza, E., De Placido, S.,

Arpino, G., & Pasanisi, F. (2022). Prevalence of Sarcopenia in Women with Breast Cancer. *Nutrients*, *14*(1839), 1–10. https://doi.org/10.3390/nu14091839

Muscaritoli, M., Arends, J., Bachmann, P., Baracos, V., Barthelemy, N., Bertz, H., Bozzetti, F., Hütterer, E., Isenring, E., Kaasa, S., Krznaric, Z., Laird, B., Larsson, M., Laviano, A., Mühlebach, S., Oldervoll, L., Ravasco, P., Solheim, T. S., Strasser, F., … Bischoff, S. C. (2021). ESPEN practical guideline: Clinical Nutrition in cancer. *Clinical Nutrition*, *40*(5), 2898–2913. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.02.005

Muscaritoli, M., Lucia, S., Farcomeni, A., Lorusso, V., Saracino, V., Barone, C., Plastino, F., Gori, S., Magarotto, R., Carteni, G., Chiurazzi, B., Pavese, I., Marchetti, L., Zagonel, V., Bergo, E., Tonini, G., Imperatori, M., Iacono, C., Maiorana, L., … Marchetti, P. (2017). Prevalence of malnutrition in patients at first medical oncology visit: The PreMiO study. *Oncotarget*, *8*(45), 79884–79896. https://doi.org/10.18632/oncotarget.20168

Nazeer, H. A., Kannan, S., Balakrishanan, J., Nair, V. K., Kavitha, Y., & Bhosale, N. K. (2025). The gut microbiota and breast cancer: A comprehensive review of emerging links and therapeutic implications. *Medicine in Microecology*, *26*, 100155. https://doi.org/10.1016/j.medmic.2025.100155

Nguyen, S. M., Tran, H. T. T., Long, J., Shrubsole, M. J., Cai, H., Yang, Y., Cai, Q., Tran, T. V., Zheng, W., & Shu, X.-O. (2024). Gut microbiome in association with chemotherapy-induced toxicities among patients with breast cancer. *Cancer*, *130*(11), 2014–2030. https://doi.org/10.1002/cncr.35229

Nguyen, T. T. H., Pham, P. T. T., Hoang, B. V., Tran, T. T., & Le, H. T. (2025). Nutritional status and quality of life of patients with breast cancer receiving chemotherapy. *World Academy of Sciences Journal*, *7*(5), 1–7. https://doi.org/10.3892/wasj.2025.364

Ni, Y., Lohinai, Z., Heshiki, Y., Dome, B., Moldvay, J., Dulka, E., Galffy, G., Berta, J., Weiss, G. J., Sommer, M. O. A., & Panagiotou, G. (2021). Distinct composition and metabolic functions of human gut microbiota are associated with cachexia in lung cancer patients. *The ISME Journal*, *15*(11), 3207–3220. https://doi.org/10.1038/s41396-021-00998-8

Norman, K., Stobäus, N., Zocher, D., Bosy-Westphal, A., Szramek, A., Scheufele, R., Smoliner, C., & Pirlich, M. (2010). Cutoff percentiles of bioelectrical phase angle predict functionality, quality of life, and mortality in patients with cancer. *American Journal of Clinical Nutrition*, *92*(3), 612–619. https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29215

Nunes, E. A., Stokes, T., McKendry, J., Currier, B. S., & Phillips, S. M. (2022). Disuse-induced skeletal muscle atrophy in disease and nondisease states in humans: Mechanisms, prevention, and recovery strategies. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, *322*(6), C1068–C1084. https://doi.org/10.1152/ajpcell.00425.2021

Ocón Bretón, M. J., Luengo Pérez, L. M., Virizuela, J. A., Álvarez Hernández, J., Jiménez Fonseca, P., Cervera Peris, M., Sendrós Maroño, M. J., Grande, E., & Camblor Álvarez, M. (2017). Soporte nutricional y nutrición parenteral en el paciente oncológico: Informe de consenso de un grupo de expertos. *Endocrinol Diabetes Nutr*, (xx), 1–7. https://doi.org/doi.org/10.1016/j.endinu.2017.10.012

Olay Fuentes, G., Díaz Piedra, P., Hernández Gómez, R., Cervantes-Villagrana, D. R., Presno-Bernal, J. M., & Alcántara Gómez, L. E. (2013). Determinación de intervalos de referencia para química clínica en población mexicana. *Rev Latinoamer Patol Clin*, *60*(1), 43–51.

Olfa, B., Salma, M., Othman Rym, B., Mansour Hajer, B., Houyem, K., Henda, J., & Amel, M. (2024). Impact of Nutritional Status on Chemotherapy Related Digestive Toxicity in Women With Breast Cancer. *Nutrition and Metabolic Insights*, *17*, 11786388241297142. https://doi.org/10.1177/11786388241297142

OMS. (2019). *Cáncer*. https://www.who.int/es/health-topics/cancer#tab=tab_1

Onfray, Ma. P., Huanca, P., Durán, S., Navarro-Rosenblatt, D., Moreira, L., Perret, G., Benavides, X., Herrera, Y., Barahona, A., Chacoff, C., Valdés, S., Zárate-Garrido, C., Arce, M. J., León, D., & Jordán, Ma. C. (2026). Orientación técnica para el manejo nutricional de la persona adulta con cáncer. *Revista chilena de nutrición*, *53*(1), 71–81. https://doi.org/10.64159/RCHNUT-53-1-9

Ortiz-Mendoza, C., de-la-Fuente-Vera, T., & Pérez-Chávez, E. (2014). Metabolic Syndrome in Mexican Women Survivors of Breast Cancer: A Pilot Study at a General Hospital. *Medical Archives*, *68*(1), 19. https://doi.org/10.5455/medarh.2014.68.19-21

Pan, L., Li, J., Xu, Q., Gao, Z., Yang, M., Wu, X., & Li, X. (2024). HER2/PI3K/AKT pathway in HER2-positive breast cancer: A review. *Medicine*, *103*(24), e38508. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000038508

Papakonstantinou, A., Nuciforo, P., Borrell, M., Zamora, E., Pimentel, I., Saura, C., & Oliveira, M. (2022). The conundrum of breast cancer and microbiome—A comprehensive review of the current evidence. *Cancer Treatment Reviews*, *111*. https://doi.org/10.1016/j.ctrv.2022.102470

Park, Y. J., & Lee, Y. M. (2021). Association among the Prevalence of Sarcopenia without Obesity, Nonsarcopenic Obesity, Sarcopenic Obesity, and Metabolic Syndrome in Cancer Survivors: Based on Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Asia-Pacific Journal of Oncology Nursing*, *8*(6), 679–686. https://doi.org/10.4103/apjon.apjon-2116

Patel, P., & Shah, J. (2022). Understanding triple negative breast cancer: A review on molecular signaling pathways. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 290–299. https://doi.org/10.25004/IJPSDR.2022.140220

Paulsen, J. A., Ptacek, T. S., Carter, S. J., Liu, N., Kumar, R., Hyndman, L., Lefkowitz, E. J., Morrow, C. D., & Rogers, L. Q. (2017). Gut microbiota composition associated with alterations in cardiorespiratory fitness and psychosocial outcomes among breast cancer survivors. *Supportive Care in Cancer : Official Journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*, *25*(5), 1563–1570. https://doi.org/10.1007/s00520-016-3568-5

Pędziwiatr, M., Pisarska, M., Major, P., Grochowska, A., & Et., A. (2016). Laparoscopic colorectal cancer surgery combined with enhanced recovery after surgery protocol (ERAS) reduces the negative impact of sarcopenia on short-term outcomes. *European Journal of Surgical Oncology (EJSO)*. https://doi.org/10.1016/j.ejso.2016.03.037

Peine, S., Knabe, S., Carrero, I., Brundert, M., Wilhelm, J., Ewert, A., Denzer, U., Jensen, B., & Lilburn, P. (2013). Generation of normal ranges for measures of body composition in adults based on bioelectrical impedance analysis using the seca mBCA. *Int J Body Composition Res*, *11*(3 & 4), 67–76.

Pena, N. F., Mauricio, S. F., Rodrigues, A. M. S., Carmo, A. S., Coury, N. C., Correia, M. I. T. D., & Generoso, S. V. (2019). Association Between Standardized Phase Angle, Nutrition Status, and Clinical Outcomes in Surgical Cancer Patients. *Nutrition in Clinical Practice*, *34*(3), 381–386. https://doi.org/10.1002/ncp.10110

Planas, M., Álvarez-Hernández, J., León-Sanz, M., & Et., A. (2015). Prevalence of hospital malnutrition in cancer patients: A sub-analysis of the PREDyCES® study. *Supportive Care in Cancer*. https://doi.org/10.1007/s00520-015-2813-7

Puklin, L. S., Li, F., Cartmel, B., Zhao, J., Sanft, T., Lisevick, A., Winer, E. P., Lustberg, M., Spiegelman, D., Sharifi, M., Irwin, M. L., & Ferrucci, L. M. (2023). Post-diagnosis weight trajectories and mortality among women with breast cancer. *Npj Breast Cancer*, *9*(1), 98. https://doi.org/10.1038/s41523-023-00603-5

Quast, C., Pruesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P., Peplies, J., & Glöckner, F. O. (2013). The SILVA ribosomal RNA gene database project: Improved data processing and web-based tools. *Nucleic Acids Research*, *41*(Database issue), D590-596. https://doi.org/10.1093/nar/gks1219

Ravasco, P., Monteiro-Grillo, I., & Camilo, M. (2012). Individualized nutrition intervention is of major benefit to colorectal cancer patients: Long-term follow-up of a randomized controlled trial of nutritional therapy. *American Journal of Clinical Nutrition*, *96*(6), 1346–1353. https://doi.org/10.3945/ajcn.111.018838

Reytor-González, C., Simancas-Racines, D., Román-Galeano, N. M., Campuzano-Donoso, M., Carella, A. M., Zambrano-Villacres, R., Marinelli, T., Coppola, L., Marchetti, M., Galasso, M., Verde, L., Sarno, G., & Annunziata, G. (2025). Obesity and breast cancer: Exploring the

nexus of chronic inflammation, metabolic dysregulation, and nutritional strategies. *Food and Agricultural Immunology*, *36*(1). https://doi.org/10.1080/09540105.2025.2521270

Ristescu, I., Pintilie, G., Filip, D., Jitca, M., Fecheta, R., Florescu, I., Scripcariu, V., Filipescu, D., & Grigoras, I. (2019). Perioperative Anemia and Transfusion in Colorectal Cancer Patients. *Chirurgia*, *114*(2), 234–242. https://doi.org/10.21614/chirurgia.114.2.234

Roggiani, S., Mengoli, M., Conti, G., Fabbrini, M., Brigidi, P., Barone, M., D'amico, F., & Turroni, S. (2023). Gut microbiota resilience and recovery after anticancer chemotherapy. *Microbiome Research Reports*, *2*(3), 16. https://doi.org/10.20517/MRR.2022.23

Rognes, T., Flouri, T., Nichols, B., Quince, C., & Mahé, F. (2016). VSEARCH: A versatile open source tool for metagenomics. *PeerJ*, *4*, e2584. https://doi.org/10.7717/peerj.2584

Rossi, F., Torri, L., Lambertini, M., De Giorgis, S., & Et., A. (2020). Muscle mass loss after neoadjuvant chemotherapy in breast cancer: Estimation on breast magnetic resonance imaging using pectoralis muscle area. *European Radiology*. https://doi.org/10.1007/s00330-020-06799-5

Sánchez N., C. (2013). Conociendo y comprendiendo la célula cancerosa: Fisiopatología del cáncer. *Revista Médica Clínica Las Condes*, *24*(4), 553–562.

Sanz, Y., Cryan, J. F., Deschasaux-Tanguy, M., Elinav, E., Lambrecht, R., & Veiga, P. (2025). The gut microbiome connects nutrition and human health. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*. https://doi.org/10.1038/s41575-025-01077-5

Semmler, L., Reiter-Brennan, C., & Klein, A. (2019). BRCA1 and Breast Cancer: A Review of the Underlying Mechanisms Resulting in the Tissue-Specific Tumorigenesis in Mutation Carriers. *Journal of Breast Cancer*, *22*(1), 1–14. https://doi.org/10.4048/jbc.2019.22.e6

Shemer, S. (2026). Mechanisms of protein degradation in atrophying muscles: What have we learned during the past decade? *Journal of Biological Chemistry*, *302*(3), 111229. https://doi.org/10.1016/j.jbc.2026.111229

Siddiqui, R., Makhlouf, Z., Alharbi, A. M., Alfahemi, H., & Khan, N. A. (2022). The Gut Microbiome and Female Health. *Biology*, *11*(11), 1683. https://doi.org/10.3390/biology11111683

Silva, L. M. da, & Figueiredo, J. A. de. (2021). Metabolic Syndrome and Risk of Cardiovascular Diseases in Female Breast Cancer Survivors. *International Journal of Cardiovascular Sciences*, *34*, 420–430. https://doi.org/https://doi.org/10.36660/ijcs.20200411

Sokolova, A., Johnstone, K. J., McCart Reed, A. E., Simpson, P. T., & Lakhani, S. R. (2023). Hereditary breast cancer: Syndromes, tumour pathology and molecular testing. *Histopathology*, *82*(1), 70–82. https://doi.org/10.1111/his.14808

Soleimani, A., Rahmani, F., Ferns, G. A., Ryzhikov, M., Avan, A., & Hassanian, S. M. (2020). Role of the NF-κB signaling pathway in the pathogenesis of colorectal cancer. *Gene*, *726*(September), 144132. https://doi.org/10.1016/j.gene.2019.144132

Soler, A. P., Miller, R. D., Laughlin, K. V., Carp, N. Z., Klurfeld, D. M., & Mullin, J. M. (1999). Increased tight junctional permeability is associated with the development of colon cancer. *Carcinogenesis*, *20*(8), 1425–1432. https://doi.org/10.1093/carcin/20.8.1425

Song, M., Wu, K., Meyerhardt, J. A., Ogino, S., Wang, M., Fuchs, C. S., Giovannucci, E. L., & Chan, A. T. (2018). Fiber Intake and Survival After Colorectal Cancer Diagnosis. *JAMA Oncology*, *4*(1), 71. https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2017.3684

Souza, N. C., Avesani, C. M., Prado, C. M., Martucci, R. B., Rodrigues, V. D., de Pinho, N. B., Heymsfield, S. B., & Gonzalez, M. C. (2021). Phase angle as a marker for muscle abnormalities and function in patients with colorectal cancer. *Clinical Nutrition*, *40*, 4799–4806. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.06.013

Stephens, N. A., Skipworth, R. J. E., MacDonald, A. J., Greig, C. A., Ross, J. A., & Fearon, K. C. H. (2011). Intramyocellular lipid droplets increase with progression of cachexia in cancer patients. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, *2*(2), 111–117. https://doi.org/10.1007/s13539-011-0030-x

Su, F., Zhou, S., Gao, Q., Lai, M., & Li, J. (2026). High-fat diet promotes colorectal cancer via carnitine/acetylcarnitine-driven CPT1A metabolic reprogramming and the intervention of β-hydroxybutyrate. *Oncogene*. https://doi.org/10.1038/s41388-026-03835-4

Tanca, A., Palomba, A., Fiorito, G., Abbondio, M., Pagnozzi, D., & Uzzau, S. (2024). Metaproteomic portrait of the healthy human gut microbiota. *Npj Biofilms and Microbiomes*, *10*(1), 54. https://doi.org/10.1038/s41522-024-00526-4

ter Borg, S., Verlaan, S., Mijnarends, D. M., Schols, J. M. G. A., de Groot, L. C. P. G. M., & Luiking, Y. C. (2015). Macronutrient Intake and Inadequacies of Community-Dwelling Older Adults, a Systematic Review. *Annals of Nutrition and Metabolism*, *66*(4), 242–255. https://doi.org/10.1159/000435862

Terrisse, S., Derosa, L., Iebba, V., Ghiringhelli, F., Vaz-Luis, I., Kroemer, G., Fidelle, M., Christodoulidis, S., Segata, N., Thomas, A. M., Martin, A. L., Sirven, A., Everhard, S., Aprahamian, F., Nirmalathasan, N., Aarnoutse, R., Smidt, M., Ziemons, J., Caldas, C., … Zitvogel, L. (2021). Intestinal microbiota influences clinical outcome and side effects of

early breast cancer treatment. *Cell Death and Differentiation*, *28*(9), 2778–2796. https://doi.org/10.1038/s41418-021-00784-1

Thanikachalam, K., & Khan, G. (2019). Colorectal cancer and nutrition. *Nutrients*, *11*(1). https://doi.org/10.3390/nu11010164

The Lancet Public Health. (2024). Inequalities in cancer: A major public health concern. *The Lancet Public Health*, *9*(3), e147. https://doi.org/10.1016/S2468-2667(24)00029-X

Thibault, R., Abbasoglu, O., Ioannou, E., Meija, L., Ottens-Oussoren, K., Pichard, C., Rothenberg, E., Rubin, D., Siljam, U., Aki-Ojansuu, €, Vaillant, M.-F., & Bischoff, S. C. (2021). ESPEN guideline on hospital nutrition. *Clinical Nutrition*, *40*, 5684–5709. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.09.039

Tojek, K., Banaś, W., Czerniak, B., Kowalczyk, G., Szukay, B., Korzycka-Wilińska, W., Banaszkiewicz, Z., & Budzyński, J. (2020). Total blood lymphocyte count as a prognostic factor among unselected inpatients. *Advances in Medical Sciences*, *65*(1), 141–148. https://doi.org/10.1016/j.advms.2020.01.001

Tomkinson, G. R., Lang, J. J., Rubín, L., McGrath, R., Gower, B., Boyle, T., Klug, M. G., Mayhew, A. J., Blake, H. T., Ortega, F. B., Cadenas-Sanchez, C., Magnussen, C. G., Fraser, B. J., Kidokoro, T., Liu, Y., Christensen, K., & Leong, D. P. (2024). International norms for adult handgrip strength: A systematic review of data on 2.4 million adults aged 20 to 100+ years from 69 countries and regions. *Journal of Sport and Health Science*, *14*, 101014. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.101014

Torres Castañón, M. E., Carreón Gómez, J. M., Bernal Mendoza, L. I., & Reyna Ávila, L. (2017). Valoración nutricional de las personas adultas mayores de acuerdo al ajuste de tablas estandarizadas de CENAPRECE en la zona urbana de Guerrero, México. *RESPYN*, *16*(2), 11–18. https://doi.org/10.29105/respyn16.2-2

Tu, K., Ma, T., Zhou, R., Xu, L., Fang, Y., & Zhang, C. (2022). Association between Dietary Fatty Acid Patterns and Colorectal Cancer Risk: A Large-Scale Case-Control Study in China. *Nutrients*, *14*(20). https://doi.org/10.3390/nu14204375

Tucker, C. M., Cadotte, M. W., Carvalho, S. B., Davies, T. J., Ferrier, S., Fritz, S. A., Grenyer, R., Helmus, M. R., Jin, L. S., Mooers, A. O., Pavoine, S., Purschke, O., Redding, D. W., Rosauer, D. F., Winter, M., & Mazel, F. (2017). A guide to phylogenetic metrics for conservation, community ecology and macroecology. *Biological Reviews*, *92*(2), 698–715. https://doi.org/10.1111/brv.12252

Turrell, G., & Kavanagh, A. M. (2006). Socio-economic pathways to diet: Modelling the association between socio-economic position and food purchasing behaviour. *Public Health Nutrition*, *9*(3), 375–383. https://doi.org/10.1079/PHN2006850

Ubachs, J., Ziemons, J., Soons, Z., Aarnoutse, R., van Dijk, D. P. J., Penders, J., van Helvoort, A., Smidt, M. L., Kruitwagen, R. F. P. M., Baade-Corpelijn, L., Olde Damink, S. W. M., & Rensen, S. S. (2021). Gut microbiota and short-chain fatty acid alterations in cachectic cancer patients. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, *12*(6), 2007–2021. https://doi.org/10.1002/jcsm.12804

Vaillant, M.-F., Alligier, M., Baclet, N., Capelle, J., Dousseaux, M.-P., Eyraud, E., Fayemendy, P., Flori, N., Guex, E., Hennequin, V., Lavandier, F., Martineau, C., Morin, M.-C., Mokaddem, F., Parmentier, I., Rossi-Pacini, F., Soriano, G., Verdier, E., Zeanandin, G., & Quilliot, D. (2021). Guidelines on Standard and Therapeutic Diets for Adults in Hospitals by the French Association of Nutritionist Dieticians (AFDN) and the French Speaking Society of Clinical Nutrition and Metabolism (SFNCM). *Nutrients*, *13*(7), 2434. https://doi.org/10.3390/nu13072434

Vaishya, R., Misra, A., Vaish, A., Ursino, N., & D'Ambrosi, R. (2024). Hand grip strength as a proposed new vital sign of health: A narrative review of evidences. *Journal of Health, Population, and Nutrition*, *43*, 7. https://doi.org/10.1186/s41043-024-00500-y

Valencia, S., Zuluaga, M., Florian Pérez, M. C., Montoya-Quintero, K. F., Candamil-Cortés, M. S., & Robledo, S. (2025). Human Gut Microbiome: A Connecting Organ Between Nutrition, Metabolism, and Health. *International Journal of Molecular Sciences*, *26*(9). https://doi.org/10.3390/ijms26094112

VanderVeen, B. N., Cardaci, T. D., Bullard, B. M., Madden, M., Li, J., Velazquez, K. T., Kubinak, J. L., Fan, D., & Murphy, E. A. (2024). Involvement of the gut microbiota in cancer cachexia. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, *327*(3), C661–C670. https://doi.org/10.1152/ajpcell.00327.2024

Villaseñor, A., Ballard-Barbash, R., Baumgartner, K., Baumgartner, R., Bernstein, L., McTiernan, A., & Neuhouser, M. L. (2012). Prevalence and prognostic effect of sarcopenia in breast cancer survivors: The HEAL Study. *Journal of Cancer Survivorship*, *6*(4), 398–406. https://doi.org/10.1007/s11764-012-0234-x

Viswanathan, S., Parida, S., Lingipilli, B. T., Krishnan, R., Podipireddy, D. R., & Muniraj, N. (2023). Role of Gut Microbiota in Breast Cancer and Drug Resistance. *Pathogens*, *12*(3). https://doi.org/10.3390/pathogens12030468

Vitorino, M., Baptista de Almeida, S., Alpuim Costa, D., Faria, A., Calhau, C., & Azambuja Braga, S. (2022). Human Microbiota and Immunotherapy in Breast Cancer—A Review of Recent Developments. *Frontiers in Oncology*, *11*. https://doi.org/10.3389/fonc.2021.815772

Volkert, D., Beck, A. M., Cederholm, T., Cruz-Jentoft, A., Hooper, L., Kiesswetter, E., Maggio, M., Raynaud-Simon, A., Sieber, C., Sobotka, L., Van Asselt, D., Wirth, R., & Bischoff, S. C.

(2022). ESPEN Guideline ESPEN practical guideline: Clinical nutrition and hydration in geriatrics. *Clinical Nutrition*, *41*, 958–989. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.01.024

Wallenborn, J. T., & Vonaesch, P. (2022). Intestinal microbiota research from a global perspective. *Gastroenterology Report*, *10*, goac010. https://doi.org/10.1093/gastro/goac010

Wang, J., & Wu, S.-G. (2023). Breast Cancer: An Overview of Current Therapeutic Strategies, Challenge, and Perspectives. *Breast Cancer : Targets and Therapy*, *15*, 721–730. https://doi.org/10.2147/BCTT.S432526

Wang, M.-Y., Sang, L.-X., & Sun, S.-Y. (2024). Gut microbiota and female health. *World Journal of Gastroenterology*, *30*(12), 1655–1662. https://doi.org/10.3748/wjg.v30.i12.1655

Wang, Q., Li, D., Sun, J., Yan, J., Wang, Y., Yang, J., & Zhang, F. (2023). Gut microbiota and cancer-associated malnutrition. *Precision Nutrition*, *2*(1). https://doi.org/10.1097/PN9.0000000000000033

Wang, R., & Nakshatri, H. (2020). Systemic Actions of Breast Cancer Facilitate Functional Limitations. *Cancers*, *12*(1), 194. https://doi.org/10.3390/cancers12010194

Wang, Y., Wang, Y., & Liu, M. (2025). Recent advances in the research of sarcopenia in colorectal cancer. *Holistic Integrative Oncology*, *4*(1), 74. https://doi.org/10.1007/s44178-025-00210-3

WHO. (2023). *WHO updates guidelines on fats and carbohydrates*. https://www.who.int/news/item/17-07-2023-who-updates-guidelines-on-fats-and-carbohydrates

Wilmanski, T., Rappaport, N., Diener, C., Gibbons, S. M., & Price, N. D. (2021). From taxonomy to metabolic output: What factors define gut microbiome health? *Gut Microbes*, *13*(1), 1907270. https://doi.org/10.1080/19490976.2021.1907270

Winkels, R. M., Beijer, S., Lieshout, R. van, Barneveld, D. van, Hofstede, J., Kuiper, J., Vreugdenhil, A., Warmerdam, L. J. C. van, Schep, G., Blaisse, R., Voorthuizen, T. van, Halteren, H. van, & Kampman, E. (2014). Changes in body weight during various types of chemotherapy in breast cancer patients. *E-SPEN Journal*, *9*(1), e39–e44. https://doi.org/10.1016/j.clnme.2013.10.004

Wong, A. Y. W., Bicchieraro, G., Palumbo, I., Ciabattoni, A., Aristei, C., & Spaccapelo, R. (2025). Microbial Signatures in Breast Cancer: Exploring New Potentials Across Body Niches. *International Journal of Molecular Sciences*, *26*(17), 8654. https://doi.org/10.3390/ijms26178654

World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, *310*(20), 2191–2194. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199241323.003.0025

Wu, A. H., Vigen, C., Tseng, C., Garcia, A. A., & Spicer, D. (2022). Effect of Chemotherapy on the Gut Microbiome of Breast Cancer Patients During the First Year of Treatment. *Breast Cancer: Targets and Therapy*, *14*, 433–451. https://doi.org/10.2147/BCTT.S305486

Wu, J., Zhang, R., Yin, Z., Chen, X., Mao, R., Zheng, X., Yuan, M., Li, H., Lu, Y., Liu, S., Gao, X., & Sun, Q. (2024). Gut microbiota-driven metabolic alterations reveal the distinct pathogenicity of chemotherapy-induced cachexia in gastric cancer. *Pharmacological Research*, *209*, 107476. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2024.107476

Xiong, X., Zheng, L.-W., Ding, Y., Chen, Y.-F., Cai, Y.-W., Wang, L.-P., Huang, L., Liu, C.-C., Shao, Z.-M., & Yu, K.-D. (2025). Breast cancer: Pathogenesis and treatments. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, *10*(1), 49. https://doi.org/10.1038/s41392-024-02108-4

Yarza, P., Yilmaz, P., Pruesse, E., Glöckner, F. O., Ludwig, W., Schleifer, K.-H., Whitman, W. B., Euzéby, J., Amann, R., & Rosselló-Móra, R. (2014). Uniting the classification of cultured and uncultured bacteria and archaea using 16S rRNA gene sequences. *Nature Reviews. Microbiology*, *12*(9), 635–645. https://doi.org/10.1038/nrmicro3330

Yung, T. K. C., Kim, J. H., & Lau, J. T. F. (2022). Protein food avoidance behaviour among cancer patients—Perspectives of nutrient intake and diet quality. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, *31*(2). https://doi.org/10.6133/apjcn.202206_31(2).0004

Zahid, H. M., Mumena, W. A., Alqulayti, L. Y., Alharbi, M. M., Alzahrani, M. S., Alansari, R. A., & Albadi, M. S. (2025). Nutritional Status of Women Diagnosed With Breast Cancer. *European Journal of Cancer Care*, *2025*(1), 5500161. https://doi.org/10.1155/ecc/5500161

Zahorodnii, A., Jelska, A., Głuszyńska, P., & Hady, H. R. (2025). Cancer-Related Malnutrition and Oxidative Stress in Colorectal Cancer Surgery: A Narrative Review of Pathophysiology and Postoperative Outcomes. *Antioxidants*, *14*(11). https://doi.org/10.3390/antiox14111289

Zhang, F.-M., Wu, H.-F., Shi, H.-P., Yu, Z., & Zhuang, C.-L. (2023). Sarcopenia and malignancies: Epidemiology, clinical classification and implications. *Ageing Research Reviews*, *91*, 102057. https://doi.org/10.1016/j.arr.2023.102057

Zhang, J., Xia, Y., & Sun, J. (2021). Breast and gut microbiome in health and cancer. *Genes and Diseases*, *8*(5), 581–589. https://doi.org/10.1016/j.gendis.2020.08.002

Zhang, Q., Song, M., Zhang, X., Liu, T., Liu, C., Wang, Z., Tang, M., Song, C., Zhang, X., Cong, M., Yang, L., & Chinese Society of Nutritional Oncology. (2024). Characteristics of

malnutrition in malignant cancer patients. *Precision Nutrition*, *3*(3), e00082. https://doi.org/10.1097/PN9.0000000000000082

Zhang, X., Zhao, W., Du, Y., Zhang, J., Zhang, Y., Li, W., Hu, W., Zong, L., Liu, Y., Qin, H., & Zhao, J. (2022). A simple assessment model based on phase angle for malnutrition and prognosis in hospitalized cancer patients. *Clinical Nutrition*, *41*(6), 1320–1327. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.04.018

Zhang, Z., Pereira, S. L., Luo, M., & Matheson, E. M. (2017). Evaluation of blood biomarkers associated with risk of malnutrition in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, *9*(8). https://doi.org/10.3390/nu9080829

Zhao, J., Huang, Y., & Yu, X. (2021). A Narrative Review of Gut-Muscle Axis and Sarcopenia: The Potential Role of Gut Microbiota. *International Journal of General Medicine*, *Volume 14*, 1263–1273. https://doi.org/10.2147/IJGM.S301141

Zhou, Y., Jiang, M., Shen, K., He, T., Zhou, S., Shao, A., Li, X., Wang, J., Wu, R., Singla, R. K., Jacobs, J. P., & Shen, B. (2025). Optimizing breast cancer chemotherapy by harnessing gut microbiota with insights from artificial intelligence. *Npj Biofilms and Microbiomes*, *11*(198), 1–21. https://doi.org/10.1038/s41522-025-00825-4

Zhu, J., Liao, M., Yao, Z., Liang, W., Li, Q., Liu, J., Yang, H., Ji, Y., Wei, W., Tan, A., Linag, S., Chen, Y., Lin, H., Zhu, X., Huang, S., Tian, J., Tang, R., Wang, Q., & Mo, Z. (2018). Breast cancer in postmenopausal women is associated with an altered gut metagenome. *Microbiome*, *136*(6), 1–13. https://doi.org/10.1186/s4016801805153

X. Anexos

Anexo 1. Carta de consentimiento informado CCR

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

INTRODUCCIÓN

Se le ha invitado a participar en el estudio titulado **"Evaluación nutricional en pacientes con diagnóstico reciente de cáncer colorrectal"**. Antes de aceptar es importante que entienda claramente de qué se trata el estudio. Este documento puede contener palabras o términos que le resulten poco comprensibles, por favor pida a la persona que le está entrevistando le aclare cualquier duda. Esté seguro en su decisión sobre participar en este estudio y no firme este documento hasta que todas sus dudas le sean aclaradas y usted se encuentre convencido de querer participar.

PROPÓSITO DEL ESTUDIO

Se ha observado que la desnutrición es frecuente en los pacientes con cáncer colorrectal. La desnutrición en conjunto con el cáncer colorrectal está relacionada con un incremento en alteraciones metabólicas, los efectos secundarios del tratamiento con quimioterapia y disminución en la calidad de vida. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el estado nutricional en pacientes con cáncer colorrectal de la ciudad de Querétaro, e identificar la desnutrición o alteraciones metabólicas en estas personas. Para poder establecer la diferencia entre los pacientes con cáncer colorrectal y los que no lo presentan, se requiere realizar la evaluación en personas con y sin el diagnóstico. Usted ha sido invitado a participar porque cumple con los requisitos del estudio, ya sea como paciente con el diagnóstico o como control (persona sin cáncer colorrectal).

PROCEDIMIENTOS

En el estudio participarán personas con cáncer colorrectal, siempre que estos cumplan con los criterios de inclusión del estudio. Podrán participar personas de ambos sexos con diagnóstico de cáncer de colorrectal y con edad mayor a 19 años. Además, se incluirán personas sin diagnóstico de cáncer tomando en cuenta los criterios antes mencionados.

No podrán participar aquellos pacientes con: trastornos gastrointestinales inflamatorios, afecciones cardiacas y/o marcapasos, lesión renal aguda o enfermedad renal crónica, que se encuentren tomando algún tratamiento alternativo y que se encuentren participando en otro proyecto de investigación.

A continuación, se describen los procedimientos del estudio:

1. Se le aplicará un cuestionario que nos permita conocer su riesgo nutricional: Valoración Global Subjetiva Generada por el Paciente (VGS-GP).
2. Se le realizará una historia clínica, donde le pediremos que conteste algunas preguntas relacionadas con su estado de salud y su alimentación.
3. Se tomarán medidas antropométricas que consisten en: medir el perímetro de brazo, del abdomen y pantorrilla, media brazada y pliegues en la piel. Para la toma del perímetro del brazo se localizará el punto medio de su brazo izquierdo y se rodeará con la cinta para obtener la medida. Se seguirá el mismo procedimiento en su abdomen, en donde la medición se tomará a la altura de su ombligo. En la pantorrilla

izquierda se medirá la zona más gruesa. Para la media brazada se le pedirá que extienda su brazo izquierdo y se medirá la longitud que va desde el centro de su pecho hasta la punta de su dedo medio. Por último, se tomará un pliegue en la parte trasera de su brazo izquierdo, para medir la cantidad de grasa en su cuerpo. Para esta medida se utilizará un aparato en forma de pinza que presionará su piel; este procedimiento podría ocasionar en algunas personas una molestia ligera.

4. Se le realizará un análisis de bioimpedancia eléctrica (BIA). Este es un procedimiento en el cual se le colocarán dos pinzas en las manos y dos en los pies, estos electrodos pasarán una corriente eléctrica a través de su cuerpo. Esta corriente eléctrica no se siente por lo cual no le causará ninguna molestia.
5. Se realizará una prueba para conocer la fuerza y calidad de su músculo, llamada dinamometría. Este es un procedimiento en el que con la mano derecha sujetará un aparato, el cual presionará y hará una ligera flexión durante 5 segundos. Esta técnica no le causará ninguna molestia.
6. Se le tomará una muestra de sangre en ayuno. Los análisis clínicos tienen el fin de conocer a mayor profundidad su estado de salud. Para la toma de muestra se realizará un ayuno de 8 a 12 horas un día antes de la toma de muestra de sangre. La toma de muestra se hará en el brazo por punción directa y la cantidad será de 10 mL (aproximadamente una cucharada sopera). Las muestras serán anañizadas de acuerdo con los procedimientos legales vigentes y los residuos serán desechados de acuerdo con lo estipulado en la NORMA oficial mexicana: NOM-087-ECOL-SSA1-2002: Protección ambiental – Salud ambiental – Residuos peligrosos biológico-infecciosos – Clasificación y especificaciones de manejo.

En la siguiente tabla usted puede conocer las actividades a realizar:

Tabla 1. Actividades del estudio

Parámetro
VGS-GP
Historia clínica
Evaluación de la dieta
Medidas antropométricas
Composición corporal
Dinamometría
Toma de muestra sanguínea

EVENTOS ADVERSOS Y MOLESTIAS

Puede ser que la toma de muestra de sangre le cause un poco de dolor o que se presente un pequeño moretón (esto depende de la sensibilidad de la piel). No a todos les pasa; estas molestias son normales. La toma de muestra de sangre se realizará como en los laboratorios utilizando material estéril y desechable.

BENEFICIOS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

Todas las evaluaciones que le sean realizadas como parte del estudio serán **gratuitas**.

Usted recibirá recomendaciones y orientación alimentaria como parte del estudio y obtendrá los resultados de la evaluación de composición corporal una vez que se cuente con ellos.

Con su participación en este estudio contribuirá a la generación de información científica para encontrar nuevas estrategias que ayuden a mejorar el estado nutricional de las personas con cáncer, ya que estos resultados pueden ser publicados o presentados en foros de interés científico o médico y en ningún caso se perderá la confidencialidad.

CONFIDENCIALIDAD

Los expedientes del estudio serán confidenciales; solo podrán tener acceso a los datos el personal del estudio y el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

Los investigadores manejarán los datos con números de identificación, códigos e iniciales y por ningún motivo será revelada su identidad.

INFORMACIÓN DE CONTACTO

Si tiene alguna pregunta acerca de su participación o desee la opinión de otra persona fuera del estudio, usted puede consultar al médico de su confianza. En caso de que usted quiera ampliar la información acerca del proyecto o en caso de una emergencia, llame al celular (414) 122 83 28 con la cMNCI. Katia Marisol Guerrero Nieto. También puede comunicarse al (442) 192-12-00 extensión 5323, con la Dra. Olga Patricia García Obregón de la UAQ o enviar un correo al Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales de la UAQ a la dirección: comitebioeticafcn@gmail.com.

MEDIDAS SANITARIAS

Se llevarán a cabo medidas sanitarias como, el lavado de manos y desinfección de equipo con cada paciente.

SU PARTICIPACIÓN ES VOLUNTARIA

Su participación es voluntaria y es su decisión participar. Si usted acepta participar, se compromete a proporcionar información veraz y seguir las instrucciones del estudio como le sean dadas. Si usted no cumple las instrucciones su información puede retirarse del estudio sin su consentimiento bajo el criterio del investigador.

EL CONSENTIMIENTO A PARTICIPAR

Yo entiendo que mi participación es voluntaria y tengo el derecho de no aceptar participar en el proyecto si esta es mi decisión. Yo he leído o me han leído esta información y se me ha dado la oportunidad de hacer preguntas sobre el estudio. Las respuestas a mis preguntas fueron resueltas de manera satisfactoria y se me ha dado una copia de este consentimiento. Libremente y sin presión alguna doy mi consentimiento para participar.

CARTA CONSENTIMIENTO INFORMADO PARTICIPANTE

Nombre: _____
Domicilio: _____

No. telefónico:_____Fecha: _____/_____/_____

TESTIGO 1

Nombre del testigo: _____
Domicilio: _____
No. telefónico: _____ Fecha: _____/_____/_____

TESTIGO 2

Nombre del testigo: _____
Domicilio:_____
No. telefónico: _____ Fecha: _____/_____/_____

DECLARACIÓN DEL INVESTIGADOR

Yo o mi representante hemos discutido con el participante la naturaleza y propósito del estudio, así como los posibles riesgos y beneficios de su participación. Considero que el participante ha recibido la información completa con un lenguaje comprensible y apropiado, además de haberle contestado sus dudas.

Nombre del investigador o representante:_____

Anexo 2. Historia clínica

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

SECRETARÍA DE SALUD - SESEQ

Fecha
Día Mes Año

No. de registro: 13174

Código de identificación del sujeto
Iniciales No. ID

HISTORIA CLÍNICA

NOMBRE		**EDAD**	
FECHA DE NACIMIENTO		**SEXO**	M___ F___
ESTADO CIVIL	S___ C___ V___ D___ UL___	**FECHA DE CIRUGÍA**	
DIAGNÓSTICO CLÍNICO			
TRATAMIENTO ACTUAL			

FICHA DE IDENTIFICACIÓN

PROCEDENCIA		**OCUPACIÓN**	**ESCOLARIDAD**
RELIGIÓN			
ANTECEDENTES HEREDOFAMILIARES (marcar con √ en caso de aplicar)			
___ Diabetes	___Hipertensión	___ Cáncer	___Anemia
___Alergias	___Cardiopatías	___ Enf. cerebrovasculares	___Tuberculosis
Observaciones			
ANTECEDENTES PERSONALES NO PATOLÓGICOS			
Toxicomanías			
Actividad física			
Suplementos/Complementos			
ANTECEDENTES PERSONALES PATOLÓGICOS (marcar con √ en caso de aplicar)			
___ Hipertensión	___ Artritis	___ Diabetes	___ Tuberculosis
___ Alergias	___ Enf. respiratorias	___ Nefropatías	___ Traumatismos
___ Transfusiones	___ Enf. tiroideas	___ Cardiopatías	___ Cirugías previas
Observaciones			
ANTECEDENTES GINECO-OBSTÉTRICOS			
Menarca: _____	Ciclo menstrual: _____	FUM: _____	
Partos: _____	Cesáreas: _____	Abortos: _____	
Método anticonceptivo: _____	Menopausia: _____	Tratamiento: _____	
Otros			

EXPLORACIÓN FÍSICA

ZONA	EVALUACIÓN
Cara	
Ojos	
Boca	
Pelo	
Piel	
Uñas	
Abdomen	
Brazos	
Piernas	
Sistema nervioso	
Aspecto general	

Realizó: _____ Verificó _____ Fecha de Verificado
iniciales Día Mes Año

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

SECRETARÍA DE SALUD - SESEQ

Fecha

Día Mes Año

No. de registro: 13174

Código de identificación del sujeto

Iniciales No. ID

BIOQUÍMICOS

FECHA							
Eritrocitos							
Hemoglobina							
Hematocrito							
MCV							
HCM							
Plaquetas							
Leucocitos							
Linfocitos							
Monocitos							
Neutrófilos							
Linfocitos (#)							
Neutrófilos (#)							
Glucosa							
BUN							
Urea							
Creatinina							
Colesterol							
Triglicéridos							
BT							
BD							
BI							
AST							
ALT							
Prot. totales							
Albúmina							
PCR							
Na							
K							
Cl							
P							
Mg							
Ca							
BUN en orina 24 h/BN_2							
GGT							
Amilasa							
Lipasa							
PO_2/PCO_2							
pH/HCO_3							
Lactato							

Realizó: _____ Verificó _____ Fecha de Verificado

iniciales Día Mes Año

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

SECRETARÍA
DE SALUD - SESEQ

Fecha
Día Mes Año

Código de identificación del sujeto
Iniciales No. ID

No. de registro: 13174

SIGNOS DE TOLERANCIA ACTUAL

FECHA				
Náuseas				
Vómito				
Evacuaciones				
Estoma				

Realizó: _____ Verificó _____ Fecha de Verificado
iniciales Día Mes Año

Anexo 3. Valoración Global Subjetiva Generada por el Paciente

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
SECRETARÍA DE SALUD - SESEQ

Fecha: Día / Mes / Año

No. de registro: 13174

Código de identificación del sujeto: Iniciales / No. ID

VALORACIÓN GLOBAL SUBJETIVA GENERADA POR EL PACIENTE (VGS-GP)

A RELLENAR EXCLUSIVAMENTE POR EL PACIENTE

1. Peso

Consideraciones sobre mi peso actual y sobre la evolución de mi peso en las últimas semanas:

En la actualidad peso alrededor de _____ kilos
Mido aproximadamente _____ cm
Hace un mes pesaba alrededor de _____ kilos
Hace seis meses pesaba alrededor de _____ kilos
Durante las dos últimas semanas mi peso:
o ha disminuido (1) o no ha cambiado (0) o ha aumentado (0)

*(ver **Tabla 1** en la hoja de instrucciones)* ☐ **1**

2. Ingesta: en comparación con mi estado habitual, calificaría a mi alimentación durante el último mes de:
sin cambios (0)
mayor de lo habitual (0)
menor de lo habitual (1)
Ahora como:
alimentos normales pero e menor cantidad de lo habitual (1)
pocos alimentos sólidos (2)
solamente líquidos (2)
solamente suplementos nutricionales (3)
muy poco (4) ☐ **2**
solamente alimentación por sonda o intravenosa (0)
(consignar como marcador final la respuesta de más alta puntuación)

3. Síntomas: he tenido los siguientes problemas que me han impedido comer lo suficiente durante las últimas dos semanas (marcar según corresponda):
no tengo problemas con la alimentación (0)
falta de apetito; no tenía ganas de comer (3)
náusea (1) vómitos (3)
estreñimiento (1) diarrea (3)
llagas en la boca (2) sequedad de boca (1)
los alimentos me saben raros o no me saben a nada (1)
problemas al tragar (2) los olores me desagradan (1)
me siento lleno/a enseguida (1)
dolor; ¿dónde? (3) _____ ☐ **3**
otros factores** (1) _____
**como: depresión, problemas dentales, económicos
(sumar las puntuaciones correspondientes a cada uno de los síntomas indicados por el paciente)

4. Capacidad funcional: en el curso del último mes calificaría mi actividad, en general, como:
normal y sin limitaciones (0)
no totalmente normal, pero capaz de mantenerme activo y llevar a cabo actividades bastante normales (1)
sin ganas de hacer la mayoría de las cosas, pero paso menos de la mitad del día en la cama o sentado/a (2)
capa de realizar pequeñas actividades y paso la mayor parte del día en la cama o sentado/a (3)
encamado/a raramente estoy fuera de cama (3)

(consignar como marcador final la respuesta de más alta puntuación) ☐ **4**

Suma de las puntuaciones 1 + 2 + 3 + 4 = ☐ **A**

El resto de este cuestionario será rellenado por su nutriólogo. Gracias.

5. Enfermedad y su relación con los requerimientos nutricionales *(ver **Tabla 2** en la hoja de instrucciones)*
Diagnóstico principal (especificar) _____
Estadio de la enfermedad (indicar el estadio si se conoce o el más próximo a él): I II III IV Otro: _____ ☐ **B**
Edad: _____

6. Demanda metabólica ☐ **C** *(ver **Tabla 3** en las instrucciones)*
sin estrés metabólico
estrés metabólico leve
estrés metabólico moderado
estrés metabólico elevado

7. Evaluación física ☐ **D** *(ver **Tabla 4** en las instrucciones)*

Puntuación numérica Tabla 2 = ☐ **B**
Puntuación numérica Tabla 3 = ☐ **C**
Puntuación numérica Tabla 4 = ☐ **D**

Evaluación Global (VGS A, B o C)
Bien nutrido
Moderadamente desnutrido
Gravemente desnutrido
*(ver **Tabla 5** en la hoja de instrucciones)*

Puntuación numérica total: A + B + C + D

(ver recomendaciones abajo) ☐

Firma: _____ Fecha: _____

Realizó: _____ (iniciales) **Verificó** _____ **Fecha de Verificado:** Día / Mes / Año

Anexo 4. Cuestionario de nivel socioeconómico

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
SECRETARÍA DE SALUD - SESEQ

Fecha
Día Mes Año

No. de registro: 13174

Código de identificación del sujeto
Iniciales No. ID

CUESTIONARIO SOCIOECONÓMICO

1. **Pensando en el jefe o jefa de hogar, ¿Cuál fue el último año de estudios que aprobó en la escuela?**

RESPUESTA	PUNTOS
No estudio	0
Primaria incompleta	6
Primaria completa	11
Secundaria incompleta	12
Secundaria completa	18
Preparatoria incompleta	23
Preparatoria completa	27
Licenciatura incompleta	36
Licenciatura completa	59
Posgrado	85

2. **¿Cuántos baños completa con regadera y W.C. (excusado) hay en esta vivienda?**

RESPUESTA	PUNTOS
0	0
1	24
2 o más	47

3. **¿Cuántos automóviles o camionetas tiene en su hogar, incluyendo camionetas cerradas o con cabina o caja?**

RESPUESTA	PUNTOS
0	0
1	22
2 o más	43

4. **Sin tomar en cuenta la conexión móvil que pudiera tener desde algún celular ¿éste hogar cuenta con internet?**

RESPUESTA	PUNTOS
No tiene	0
Sí tiene	32

5. **De todas las personas de más de 14 años que vienen en el hogar, ¿cuántas trabajaron en el último mes?**

RESPUESTA	PUNTOS
0	0
1	15
2	31
3	46
4 o más	61

6. **En esta vivienda, ¿cuántos cuartos se usan para dormir, sin contar pasillos ni baños?**

RESPUESTA	PUNTOS
0	0
1	8
2	16
3	24
4 o más	32

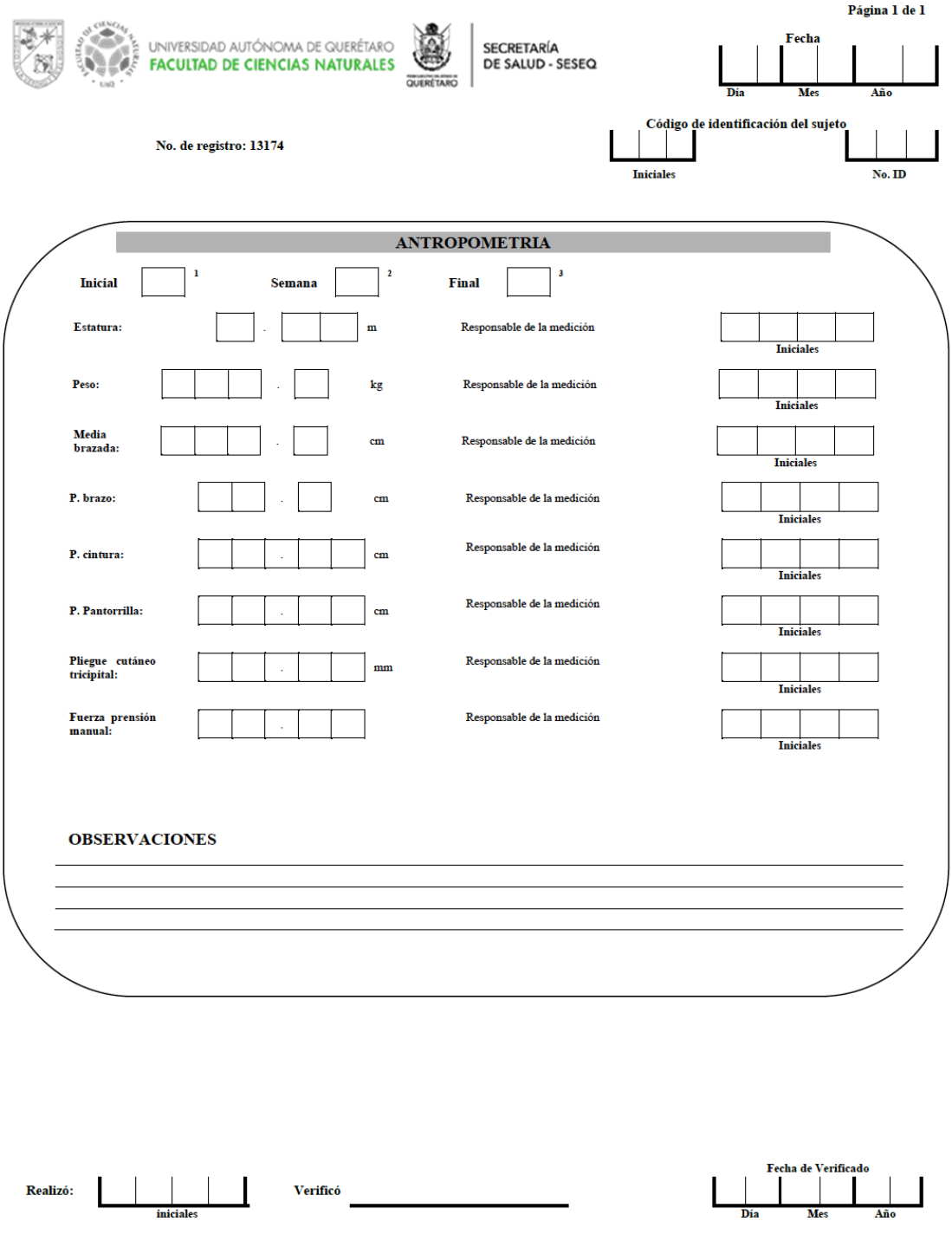
TOTAL: ☐ **puntos**

Índice de hacinamiento

1. **¿Cuántas personas duermen en la casa?**
2. **¿Con cuántos cuartos destinados para dormir cuenta la casa?**
3. **¿Cuántas personas duermen en cada dormitorio?**

Realizó: iniciales **Verificó** Fecha de Verificado: Día Mes Año

Anexo 5. Formato para registro de medidas antropométricas



Página 1 de 1

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

SECRETARÍA DE SALUD - SESEQ

Fecha
Día Mes Año

No. de registro: 13174

Código de identificación del sujeto
Iniciales No. ID

ANTROPOMETRIA

Inicial [ ] 1 Semana [ ] 2 Final [ ] 3

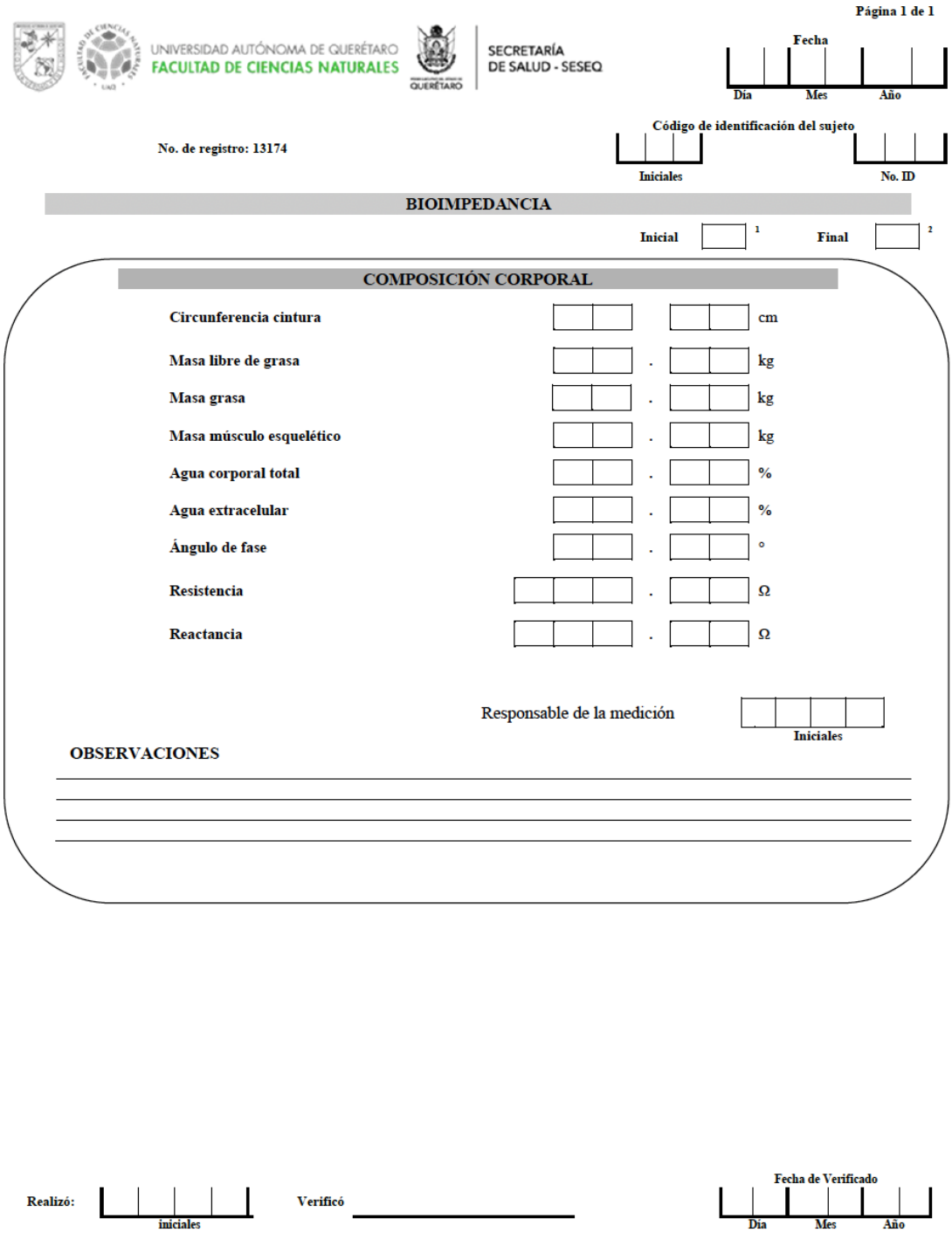
Estatura:	[ ].[ ][ ] m	Responsable de la medición	[ ][ ][ ][ ] Iniciales
Peso:	[ ][ ][ ].[ ] kg	Responsable de la medición	[ ][ ][ ][ ] Iniciales
Media brazada:	[ ][ ][ ].[ ] cm	Responsable de la medición	[ ][ ][ ][ ] Iniciales
P. brazo:	[ ][ ].[ ] cm	Responsable de la medición	[ ][ ][ ][ ] Iniciales
P. cintura:	[ ][ ].[ ][ ] cm	Responsable de la medición	[ ][ ][ ][ ] Iniciales
P. Pantorrilla:	[ ][ ].[ ][ ] cm	Responsable de la medición	[ ][ ][ ][ ] Iniciales
Pliegue cutáneo tricipital:	[ ][ ].[ ][ ] mm	Responsable de la medición	[ ][ ][ ][ ] Iniciales
Fuerza prensión manual:	[ ][ ].[ ][ ]	Responsable de la medición	[ ][ ][ ][ ] Iniciales

OBSERVACIONES

Realizó: [ ][ ][ ][ ] iniciales Verificó _____

Fecha de Verificado
Día Mes Año

Anexo 6. Formato para registro de BIA



Página 1 de 1

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

SECRETARÍA DE SALUD - SESEQ

Fecha
Día Mes Año

No. de registro: 13174

Código de identificación del sujeto
Iniciales No. ID

BIOIMPEDANCIA

Inicial [ ]1 Final [ ]2

COMPOSICIÓN CORPORAL

Circunferencia cintura		cm
Masa libre de grasa	.	kg
Masa grasa	.	kg
Masa músculo esquelético	.	kg
Agua corporal total	.	%
Agua extracelular	.	%
Ángulo de fase	.	°
Resistencia	.	Ω
Reactancia	.	Ω

Responsable de la medición [ ] Iniciales

OBSERVACIONES

Realizó: [ ] iniciales Verificó _____ Fecha de Verificado
Día Mes Año

Anexo 7. Formato para recordatorio de 24 h

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

SECRETARÍA DE SALUD - SESEQ

Fecha
Día Mes Año

No. de registro: 13174

Código de identificación del sujeto
Iniciales No. ID

RECORDATORIO DE 24 HORAS

[1] Inicial [2] Final

Número de Recordatorio

Tiempo de comida	Nombre del platillo o bebida	Ingredientes	Cantidad	Unidad	Equivalencia por unidad de medida	Clave del alimento

Anexo 8. Carta de consentimiento informado cáncer de mama

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

INTRODUCCIÓN

Se le ha invitado a participar en el estudio titulado **"Estado nutricional y bacterioma intestinal en pacientes con cáncer colorrectal y de mama"**. Antes de aceptar es importante que entienda claramente de qué se trata el estudio. Este documento puede contener palabras o términos que le resulten poco comprensibles, por favor pida a la persona que le está entrevistando le aclare cualquier duda. Esté seguro en su decisión sobre participar en este estudio y no firme este documento hasta que todas sus dudas le sean aclaradas y usted se encuentre convencido de querer participar.

PROPÓSITO DEL ESTUDIO

Se ha observado que la salud intestinal tiene una función importante en el desarrollo de diferentes enfermedades, como por ejemplo: diabetes, depresión y cáncer en diferentes partes del cuerpo. Además, se sabe que la desnutrición es frecuente en pacientes con cancer, afectando su calidad de vida. Los estudios sobre la salud intestinal de las mujeres con cáncer de mama son pocos. El propósito de este estudio es evaluar el estado nutricional y el bacterioma intestinal de mujeres con de cáncer de mama, antes del tratamiento, durante el tratamiento y en remisión.

PROCEDIMIENTOS

En el estudio participarán mujeres con cáncer de mama, siempre que estas cumplan con los criterios de inclusión del estudio. Podrán participar mujeres con cáncer de mama y con edad igual o mayor a 19 años.

No podrán participar aquellas pacientes con enfermedades oncológicas previas, con lesión renal aguda o enfermedad renal crónica, enfermedad del hígado, deterioro cognitivo o con ingesta de prebióticos, probióticos o antibióticos en el mes previo a la toma de muestras.

Dentro de este estudio también serán incluidas mujeres sin cáncer, cuyos resultados en las pruebas servirán como punto de referencia para los datos obtenidos en las participantes con cáncer de mama. Podrán participar aquellas mujeres sin cáncer de 19 años en adelante.

No podrán participar aquellas pacientes con antecedentes de enfermedades oncológicas, con lesión renal aguda o enfermedad renal crónica, enfermedad del hígado, deterioro cognitivo y con ingesta de prebióticos, probióticos o antibióticos en el mes previo a la toma de muestras.

A continuación, se describen los procedimientos del estudio:

1. Se le aplicará un cuestionario que nos permita conocer su riesgo nutricional: Valoración Global Subjetiva Generada por el Paciente (VGS-GP) en el caso de las participantes sin cáncer se aplicará la Valoración Global Subjetiva (VGS).
2. Se le realizará una historia clínica, donde le pediremos que conteste algunas preguntas relacionadas con su estado de salud y su alimentación.
3. Se le aplicará un cuestionario validado para evaluar su calidad de vida (EORTC QLQ-BR23).
4. Se tomarán medidas antropométricas que consisten en: tomar su peso, estatura, el perímetro de brazo, de cintura y pantorrilla y también se tomarán pliegues en la piel. Para la toma del perímetro del brazo

se localizará el punto medio de su brazo izquierdo y se rodeará con la cinta para obtener la medida. Se seguirá el mismo procedimiento en su cintura, en donde la medición se tomará en el punto medio entre la última costilla y el hueso de su cresta ilíaca. En la pantorrilla izquierda se medirá la zona más gruesa. Por último, se tomará un pliegue en la parte trasera de su brazo izquierdo, para medir la cantidad de grasa en su cuerpo. Para esta medida se utilizará un aparato en forma de pinza que presionará su piel; este procedimiento podría ocasionar en algunas personas una molestia ligera.

5. Se le realizará un análisis de bioimpedancia eléctrica (BIA). Este es un procedimiento en el cual se le colocarán dos electrodos en las manos y dos en los pies, estos electrodos pasarán una corriente eléctrica a través de su cuerpo. Esta corriente eléctrica no se siente por lo cual no le causará ninguna molestia.
6. Se realizará una prueba para conocer la fuerza y calidad de su músculo, llamada dinamometría. Este es un procedimiento en el que con la mano derecha sujetará un aparato, el cual presionará durante 5 segundos. Esta técnica no le causará ninguna molestia.
7. Se le tomará una muestra de sangre en ayuno. Los análisis clínicos tienen el fin de conocer a mayor profundidad su estado de salud, dentro de este estudio, las muestra de sangre nos permitirán conocer cuanta inflamación hay en su cuerpo, para esto se medirá la proteína C reactiva y el factor de necrosis tumoral alfa, los cuales son marcadores de inflamación. La muestra de sangre también nos permitirá analizar algunos indicadores sobre la salud de su intestino como la zonulina y lipopolisacáridos, que sirven para evaluar la permeabilidad intestinal. Para la toma de muestra se realizará un ayuno de 8 a 10 horas un día antes de la toma de muestra de sangre. La toma de muestra se hará en el brazo por punción directa y la cantidad extraída será de 10 mL (aproximadamente una cucharada sopera). También se le brindará un frasco en dónde se recolectará una muestra de heces, del tamaño de una nuez. Por medio de las muestras de heces analizaremos las bacterias que habitan en su intestino y si existe algún grado de inflamación en su intestino la cual se medirá contando los leucocitos que se encuentran presentes en sus heces. Las muestras serán analizadas de acuerdo con los procedimientos legales vigentes y se utilizarán únicamente para fines de este estudio. Las muestras sobrantes serán desechadas de acuerdo con lo estipulado en la NORMA oficial mexicana: NOM-087-ECOL-SSA1-2002: Protección ambiental – Salud ambiental – Residuos peligrosos biológico-infecciosos – Clasificación y especificaciones de manejo.

En la siguiente tabla usted puede conocer las actividades a realizar:

Tabla 1. Actividades del estudio

Parámetro
VGS-GP o VGS
Historia clínica
Evaluación de la dieta
Cuestionario de calidad de vida (EORTC QLQ-BR23)
Medidas antropométricas
Composición corporal
Dinamometría
Toma y recolección de muestras

EVENTOS ADVERSOS Y MOLESTIAS

Puede ser que la toma de muestra de sangre le cause un poco de dolor o que se presente un pequeño moretón (esto depende de la sensibilidad de la piel). No a todos les pasa; estas molestias son normales. La toma de muestra de sangre se realizará como en los laboratorios utilizando material estéril y desechable.

BENEFICIOS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

Todas las evaluaciones que le sean realizadas como parte del estudio serán **gratuitas**.

Usted recibirá recomendaciones y orientación alimentaria como parte del estudio y obtendrá los resultados de la evaluación de composición corporal una vez que se cuente con ellos.

Con su participación en este estudio contribuirá a la generación de información científica para encontrar nuevas estrategias que ayuden a mejorar el estado nutricional de las personas con cáncer, ya que estos resultados pueden ser publicados o presentados en foros de interés científico o médico y en ningún caso se perderá la confidencialidad.

CONFIDENCIALIDAD

Los expedientes del estudio serán confidenciales; solo podrán tener acceso a los datos el personal del estudio y el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

Los investigadores manejarán los datos con números de identificación, códigos e iniciales y por ningún motivo será revelada su identidad.

INFORMACIÓN DE CONTACTO

Si tiene alguna pregunta acerca de su participación o desea la opinión de otra persona fuera del estudio, usted puede consultar al médico de su confianza. En caso de que usted quiera ampliar la información acerca del proyecto o en caso de una emergencia, llame al celular 477 273 28 79 con la MNCI. Berenice Méndez Rojas. También puede comunicarse al (442) 192-12-00 extensión 5323, con la Dra. Olga Patricia García Obregón de la UAQ o enviar un correo al Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales de la UAQ a la dirección: bioetica.fcn@uaq.edu.mx.

MEDIDAS SANITARIAS

Se llevarán a cabo medidas sanitarias como, el lavado de manos y desinfección de equipo con cada paciente.

SU PARTICIPACIÓN ES VOLUNTARIA

Su participación es voluntaria y es su decisión participar. Si usted acepta participar, se compromete a proporcionar información veraz y seguir las instrucciones del estudio como le sean dadas. Si usted no cumple las instrucciones su información puede retirarse del estudio sin su consentimiento bajo el criterio del investigador.

EL CONSENTIMIENTO A PARTICIPAR

Yo entiendo que mi participación es voluntaria y tengo el derecho de no aceptar participar en el proyecto si esta es mi decisión. Yo he leído o me han leído esta información y se me ha dado la oportunidad de hacer preguntas sobre el estudio. Las respuestas a mis preguntas fueron resueltas de manera satisfactoria y se me ha dado una copia de este consentimiento. Libremente y sin presión alguna doy mi consentimiento para participar.

CARTA CONSENTIMIENTO INFORMADO PARTICIPANTE

Nombre: _____
Firma: _____
Domicilio: _____
No. telefónico:_____ Fecha: _____/_____/_____

TESTIGO 1

Nombre del testigo: _____
Firma: _____
Domicilio: _____
No. telefónico: _____ Fecha: _____/_____/_____

TESTIGO 2

Nombre del testigo: _____
Firma: _____
Domicilio:_____
No. telefónico: _____ Fecha: _____/_____/_____

DECLARACIÓN DEL INVESTIGADOR

Yo o mi representante hemos discutido con el participante la naturaleza y propósito del estudio, así como los posibles riesgos y beneficios de su participación. Considero que el participante ha recibido la información completa con un lenguaje comprensible y apropiado, además de haberle contestado sus dudas.

Nombre y firma del investigador o representante:_____

Anexo 9. Tabla de valores de referencia para la evaluación de la fuerza de prensión manual

Table 3
Normative values (percentiles) for normalized handgrip strength (handgrip strength in kilograms divided by height in meters squared) by sex and age based on data from 2,328,890 adults aged 20 to 100+ years representing 69 countries and regions.

Age (year)	P_5	P_{10}	P_{20}	P_{30}	P_{40}	P_{50}	P_{60}	P_{70}	P_{80}	P_{90}	P_{95}
Male											
20–24	11.0	12.0	13.2	14.1	14.8	15.6	16.3	17.1	18.0	19.3	20.4
25–29	11.5	12.5	13.7	14.6	15.3	16.1	16.8	17.6	18.5	19.8	20.9
30–34	11.6	12.6	13.8	14.7	15.5	16.3	17.0	17.8	18.7	20.0	21.1
35–39	11.5	12.5	13.8	14.7	15.5	16.2	17.0	17.8	18.8	20.1	21.1
40–44	11.2	12.3	13.6	14.5	15.3	16.1	16.9	17.7	18.6	20.0	21.0
45–49	10.8	11.9	13.2	14.2	15.0	15.8	16.6	17.4	18.4	19.7	20.8
50–54	10.4	11.5	12.8	13.8	14.6	15.4	16.2	17.1	18.0	19.4	20.5
55–59	9.9	11.0	12.4	13.3	14.2	15.0	15.8	16.6	17.6	19.0	20.1
60–64	9.3	10.5	11.8	12.8	13.6	14.4	15.2	16.0	17.0	18.4	19.6
65–69	8.7	9.9	11.2	12.2	13.0	13.8	14.6	15.4	16.4	17.8	19.0
70–74	8.1	9.3	10.6	11.6	12.4	13.1	13.8	14.7	15.6	17.1	18.3
75–79	7.5	8.6	9.9	10.8	11.6	12.3	13.1	13.8	14.8	16.2	17.5
80–84	6.9	8.0	9.2	10.1	10.8	11.5	12.2	13.0	13.9	15.3	16.6
85–89	6.2	7.3	8.5	9.3	10.0	10.6	11.2	12.0	12.9	14.3	15.6
90–94	5.5	6.5	7.7	8.4	9.1	9.6	10.2	10.9	11.8	13.2	14.6
95–99	4.8	5.7	6.8	7.5	8.1	8.6	9.2	9.8	10.7	12.1	13.4
100+	4.0	4.9	5.9	6.5	7.1	7.5	8.0	8.6	9.4	10.8	12.2
Female											
20–24	7.4	8.1	9.0	9.7	10.3	10.8	11.4	12.0	12.7	13.8	14.7
25–29	7.6	8.3	9.3	10.0	10.6	11.1	11.7	12.4	13.1	14.2	15.0
30–34	7.6	8.4	9.3	10.1	10.7	11.3	11.9	12.5	13.3	14.4	15.2
35–39	7.5	8.3	9.3	10.0	10.7	11.3	11.9	12.6	13.4	14.4	15.3
40–44	7.3	8.2	9.2	10.0	10.6	11.2	11.9	12.5	13.3	14.4	15.3
45–49	7.2	8.0	9.1	9.8	10.5	11.1	11.7	12.4	13.2	14.3	15.2
50–54	7.0	7.8	8.9	9.6	10.3	10.9	11.5	12.2	13.0	14.1	15.0
55–59	6.7	7.6	8.6	9.4	10.1	10.7	11.3	12.0	12.7	13.8	14.7
60–64	6.4	7.3	8.3	9.1	9.7	10.4	11.0	11.6	12.4	13.5	14.4
65–69	6.1	6.9	8.0	8.7	9.4	10.0	10.6	11.2	12.0	13.0	14.0
70–74	5.7	6.5	7.6	8.3	8.9	9.5	10.1	10.7	11.5	12.5	13.4
75–79	5.2	6.1	7.1	7.8	8.4	9.0	9.5	10.1	10.9	11.9	12.8
80–84	4.6	5.5	6.6	7.3	7.9	8.4	8.9	9.5	10.2	11.2	12.1
85–89	3.9	4.9	5.9	6.6	7.2	7.7	8.2	8.8	9.4	10.5	11.4
90–94	3.1	4.1	5.2	5.9	6.5	6.9	7.4	7.9	8.6	9.6	10.5
95–99	2.2	3.3	4.4	5.1	5.6	6.1	6.5	7.0	7.7	8.7	9.6
100+	1.1	2.3	3.5	4.2	4.7	5.1	5.5	6.0	6.6	7.6	8.6

Notes: Population-weighted smoothed percentiles were calculated using the Generalized Additive Model for Location, Scale, and Shape method. Percentiles were adjusted to the reference test and reporting protocol (i.e., dynamometer type = hydraulic, body position = seated, elbow position = flexed, radioulnar position = neutral, handle position = adjusted to hand size, testing hand = both, repetitions per hand = 3, and summary statistic = maximum). No statistical adjustment was made for shoulder or wrist position (see Supplementary Harmonization Methods for details). The ages shown represent 5-year age groups (e.g., 20–24 = 20.00–24.99).
Abbreviation: P = percentile (e.g., P_5 = 5th percentile).

Tomada de Tomkinson et al. (2024)