



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

Programa de Doctorado en Nutrición y Ciencias de los Alimentos

**Programa de Intervención Psico-Nutricional-Sostenible y  
su Efecto Sobre La Huella Hídrica y de Carbono,  
Biomarcadores Metabólicos y Microbiota Intestinal en  
Población Mexicana**

**Directores de la tesis doctoral:**

Dr. Jesús Francisco Rodríguez Huertas

Dra. Fatima Ezzahra Housni

Alumna:

**Mariana Lares Michel**

Granada, España, 2024

Tesis Doctoral

**Programa de Intervención Psico-Nutricional-Sostenible y su Efecto Sobre La Huella Hídrica y de Carbono, Biomarcadores Metabólicos y Microbiota Intestinal en Población Mexicana**

Sustainable-Psycho-Nutritional Intervention Program and its Effect on the Water and Carbon Footprint, Metabolic Biomarkers and Gut Microbiota in the Mexican Population



Programa de Doctorado en Nutrición y Ciencias de los Alimentos

Departamento de Fisiología

Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos “José Mataix Verdú”

Centro de Investigación Biomédica

**Directores de la tesis doctoral:**

Dr. Jesús Francisco Rodríguez Huertas

Dra. Fatima Ezzahra Housni

**Mariana Lares Michel**

2024

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales  
Autor: Mariana Lares Michel  
ISBN: 978-84-1195-590-4  
URI: <https://hdl.handle.net/10481/97594>

Este estudio ha sido financiado parcialmente por:

- El Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara (Programa de Apoyo a Investigaciones Doctorales)
- El Tecnológico Nacional de México (Proyecto 15070.22-P)
- El Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) (beca número 934420).

Sin embargo, el apoyo económico brindado no tuvo relación con los resultados y el análisis de esta investigación.

DERECHOS RESERVADOS

©2024

**cDra. Mariana Lares Michel**



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

"En el vasto universo del conocimiento, cada descubrimiento es una estrella que ilumina la oscuridad de lo desconocido."

A todas las personas que de alguna u otra manera me han impulsado a llegar a escribir estas líneas. Gracias por todo su cariño, apoyo y comprensión.

# Índice

Resumen.....	1
Abstract.....	4
Introducción.....	7
Aproximación Teórica.....	10
Crisis Medioambiental en el Mundo y en México.....	10
El Cambio Climático.....	10
Escasez de Agua en el Mundo y en México.....	10
Impacto Medioambiental de los Sistemas Alimentarios en el Contexto de la Transición Nutricional.....	11
Dietas Sostenibles.....	11
Dimensión Nutrición y Salud.....	13
La Dieta Tradicional Mexicana desde la Perspectiva de la Sostenibilidad.....	13
Necesidades de alimentos y nutrientes, seguridad alimentaria y accesibilidad.....	14
Bienestar y salud.....	14
Indicadores clínicos y bioquímicos de enfermedades crónicas no transmisibles de mayor prevalencia en México.....	14
Microbiota Intestinal.....	15
Efecto de Diferentes Dietas sobre la Microbiota Intestinal.....	15
Dimensión medioambiental.....	16
Biodiversidad, medioambiente y clima.....	16
Cuantificación de gases de efecto invernadero: huella de carbono.....	16
Cuantificación de contaminación de agua: huella hídrica gris.....	17
Alimentos eco-amigables, locales y de temporada.....	17
Cuantificación de uso de agua: huella hídrica verde y azul.....	18
Dimensión economía.....	18
Equidad y comercio justo: nivel socioeconómico.....	18
Dimensión social y cultural.....	19
Patrimonio cultural y habilidades.....	19
Composición de las dietas sostenibles.....	20
Estrategias para la orientación del comportamiento alimentario hacia dietas sostenibles.....	20
Programas de intervención nutricional.....	21
Programas de intervención ecológicos.....	21
Aproximaciones teóricas para modificación de conductas.....	21
La educación nutricional en la modificación del comportamiento alimentario.....	22
Modelo QC7G.....	23
La persuasión en la modificación del comportamiento alimentario: comunicación de riesgos y beneficios.....	23
La incentiación y coerción en la modificación del comportamiento alimentario: economía de fichas.....	23
Otras estrategias conductuales para modificación del comportamiento alimentario: “nudges”, auto-monitoreo, aproximaciones sucesivas y modelado.....	24
Las guías alimentarias en la modificación del comportamiento alimentario.....	25
Guías alimentarias sostenibles.....	25
Guías alimentarias en México.....	26
Intervenciones nutricionales que han empleado la rueda de cambio de comportamiento.....	26
Intervenciones nutricionales que han empleado aplicaciones móviles.....	27
Aplicaciones móviles nutricionales.....	27
Aplicaciones móviles nutricionales que consideran a la sostenibilidad.....	28
Diseño de intervenciones nutricionales: proceso de atención nutricia.....	28
Intervenciones dietéticas que consideran la sostenibilidad.....	29
Aproximación Psico-Nutricional-Sostenible.....	29
Propuesta de investigación.....	32
Objetivos.....	36
Objetivo general.....	36
Objetivos específicos.....	36
Etapa 1.....	36
Etapa 2.....	36
Etapa 3.....	36
Metodología.....	37
Etapa 1.....	38
Diagnóstico nutricional y medioambiental de la población.....	39
Evaluación y diagnóstico 1.....	39



Evaluación y diagnóstico 2.....	43
Diseño de la intervención psico-nutricional-sostenible.....	47
Diseño de guía alimentaria nutricional-sostenible.....	47
Diseño de contenido para aplicación móvil.....	47
Diseño de talleres psico-nutricionales-sostenibles .....	47
Diseño de planes alimenticios, menús y recetario sostenibles .....	48
Procedimiento .....	48
Etapa 2.....	52
Implementación de la intervención psico-nutricional-sostenible.....	53
Reclutamiento de participantes: criterios de inclusión, exclusión y eliminación .....	53
Cálculo de la muestra .....	54
Materiales e instrumentos .....	55
Procedimiento .....	58
Diseño experimental de la intervención.....	61
Etapa 3.....	63
Evaluación del efecto del programa de intervención sobre los indicadores medioambientales, biomarcadores metabólicos y microbiota intestinal.....	64
Procedimiento .....	64
Análisis estadísticos.....	66
Consideraciones éticas y de bioseguridad.....	66
Confidencialidad.....	67
Bioseguridad .....	67
Resultados .....	68
Etapa 1.....	69
Diagnóstico nutricional y medioambiental de la población.....	70
Evaluación y diagnóstico 1.....	70
Evaluación y diagnóstico 2.....	78
Desarrollo de la intervención .....	95
Guía alimentaria.....	95
Material psico-nutricional-sostenible .....	99
Diseño de planes alimenticios, menús y recetario sostenibles .....	101
Desayunos .....	102
Comidas .....	103
Cenas .....	103
Colaciones .....	104
Licuados.....	104
Características de sostenibilidad de los planes alimenticios, menús y recetario .....	104
Funciones y material cargado a la aplicación móvil empleada .....	109
Resultados .....	110
Etapa 2.....	110
Implementación de la intervención psico-nutricional-sostenible.....	111
Características de los participantes .....	111
Etapa 3.....	116
Efectos del programa de intervención sobre los indicadores medioambientales, biomarcadores metabólicos y microbiota intestinal .....	117
Características de los participantes .....	117
Datos clínicos, antropométricos y de composición corporal de los participantes .....	118
Actividad física de los participantes .....	122
Ingesta nutricional de los participantes .....	124
Consumo de alimentos de los participantes .....	126
Calidad de la dieta de los participantes .....	128
Huella hídrica dietética de los participantes.....	130
Huella de carbono dietética de los participantes.....	133
Microbiota intestinal de los participantes .....	136
Análisis de regresiones lineales de efectos mixtos .....	141
Efectos de la intervención sobre la huella hídrica.....	141
Efectos de la intervención sobre la huella de carbono.....	142
Efectos de la intervención sobre biomarcadores metabólicos .....	143
Efectos de la intervención sobre la microbiota intestinal .....	145
Aspectos conductuales y de adherencia .....	148
Elementos psicológicos, sociales y físicos de la población .....	148

Adherencia de la población intervenida a la dieta sostenible prescrita.....	152
Motivos de consumo de alimentos de la población.....	157
Conocimientos nutricionales sostenibles de la población .....	159
Discusión.....	161
Discusión general .....	162
Situación nutricional y medioambiental actual en México .....	163
Modificación conductual hacia dietas sostenibles .....	165
Modelos de dietas sostenibles .....	165
Adherencia a dietas sostenibles .....	166
Efectos sobre la microbiota intestinal .....	169
Efectos sobre biomarcadores metabólicos.....	171
Efectos sobre el medio ambiente .....	173
Otras intervenciones para promover dietas sostenibles.....	174
Limitaciones y fortalezas de la tesis .....	176
Conclusiones .....	179
Agradecimientos .....	182
Referencias .....	185
Apéndices electrónicos .....	201
Anexos .....	203
Anexo 1. Indicios de calidad de las publicaciones científicas derivadas de la tesis doctoral .....	203
Artículo 1 .....	203
Artículo 2 .....	204
Artículo 3 .....	205
Otros artículos elaborados durante el doctorado .....	206
Artículo 4 .....	206
Anexo 2. Registro ante comité de ética.....	207

# Índice de Tablas

Tabla 1. Diseño del programa de intervención Psico-Nutricional-Sostenible según el modelo de rueda de cambio de comportamiento y guía para el diseño de intervenciones.....	49
Tabla 2. Características demográficas y de composición corporal y análisis correlacional de los datos de la muestra total con respecto a los indicadores de adiposidad.....	70
Tabla 3. Ingesta dietética y energética y su huella hídrica.....	71
Tabla 4. Modelo de regresión lineal múltiple entre la huella hídrica y la ingesta dietética por grupos de alimentos.....	73
Tabla 5. Análisis comparativo de las características demográficas y de composición corporal de la población de acuerdo con su nivel de adiposidad.....	73
Tabla 6. Análisis de regresión logística binaria reportando odds ratios de riesgo de gasto de agua con respecto a la huella hídrica promedio de una dieta saludable y los indicadores de adiposidad.....	76
Tabla 7. Análisis de regresión logística binaria reportando Odds Ratios de riesgo del gasto de agua con respecto a la huella hídrica promedio de una dieta saludable y el cumplimiento de las recomendaciones dietéticas mexicanas.....	77
Tabla 8. Características sociodemográficas y socioeconómicas de la muestra.....	78
Tabla 9. Composición corporal, prevalencia de patologías y características de la actividad física de la muestra.....	79
Tabla 10. Análisis descriptivo de los datos antropométricos y de composición corporal de los participantes.....	80
Tabla 11. Descripción nutricional y adecuación del patrón dietético.....	81
Tabla 12. Cargas de factores rotadas (matriz de patrones) de la huella hídrica total del patrón dietético.....	84
Tabla 13. Descripción de datos sociodemográficos y socioeconómicos según patrones dietéticos de huella hídrica (PDHH) derivados del análisis de componentes principales (ACP).....	85
Tabla 14. Descripción de datos antropométricos, variables de composición corporal, prevalencia de patologías y actividad física según patrones dietéticos (PDHH) derivados del análisis de componentes principales (ACP).....	86
Tabla 15. Análisis descriptivo de los datos antropométricos y de composición corporal de los participantes según los patrones dietéticos de huella hídrica (PDHH) derivados del análisis de componentes principales (ACP).....	87
Tabla 16. Descripción de la ingesta dietética, nutrientes y adecuación energética según los patrones dietéticos, huella hídrica (PDHH) derivada del análisis de componentes principales (ACP).....	88
Tabla 17. Ejemplos de los recordatorios establecidos de acuerdo con los objetivos conductuales, función de intervención y técnicas de modificación conductual.....	100
Tabla 18. Composición macronutricional de los planes alimenticios.....	101
Tabla 19. Planes alimenticios por porciones con diferente contenido energético.....	101
Tabla 20. Distribución de tiempos de comidas por porciones con diferente contenido energético.....	102
Tabla 21. Ejemplo de características de sostenibilidad de menús sostenibles para el desayuno.....	106
Tabla 22. Características de la población.....	117
Tabla 23. Datos antropométricos, bioquímicos y clínicos de la población.....	119
Tabla 24. Proporciones de datos clínicos, antropométricos y de composición corporal durante las etapas del estudio.....	121
Tabla 25. Actividad física durante las etapas del estudio por grupo.....	123
Tabla 26. Ingesta nutricional de la población por grupo y etapa.....	125
Tabla 27. Consumo de alimentos de la población por grupo y etapa.....	127
Tabla 28. Calidad de la dieta por grupo y etapa.....	129
Tabla 29. Huella hídrica dietética de la población por grupo y etapa.....	132
Tabla 30. Huella de carbono dietética de la población por grupo y etapa.....	135
Tabla 31. Modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2 (dieta sostenible) y la huella hídrica total.....	142
Tabla 32. Modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2 (dieta sostenible) y la huella de carbono.....	143
Tabla 33. Modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2 (dieta sostenible) y niveles de biomarcadores metabólicos (colesterol total, LDL, HDL, triglicéridos y glucosa).....	144
Tabla 34. Modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2 (dieta sostenible) y la microbiota intestinal de la población.....	146
Tabla 35. Resultados del cuestionario COM-B.....	149
Tabla 36. Adherencia de la población al programa de intervención: Motivos de consumo de alimentos.....	154
Tabla 37. Adherencia auto-percibida al programa de intervención.....	156
Tabla 38. Índice de adherencia a una dieta sostenible.....	157
Tabla 39. Motivos de consumo sostenible.....	158
Tabla 40. Conocimientos nutricionales sostenibles.....	159

## Índice de Figuras

Figura 1. Esquema del diseño de investigación de la etapa 2.....	62
Figura 2. Ingesta dietética y calórica y huella hídrica verde, azul, gris y total de la dieta mexicana .....	72
Figura 3. Ingesta alimentaria y calórica y su huella hídrica por grupos de alimentos en los grupos de adiposidad.....	75
Figura 4. Patrón dietético por grupos de alimentos.....	82
Figura 5. Huella hídrica dietética por componentes (huella hídrica verde, azul y gris).....	83
Figura 6. Patrón dietético por grupos de alimentos según patrones dietéticos huella hídrica (PDHH) derivada del análisis de componentes principales (ACP).....	91
Ilustración 7. Huella hídrica dietética total por componentes según los patrones dietéticos de huella hídrica (PDHH) derivados del análisis de componentes principales (ACP).....	92
Figura 8. Huella hídrica total de los patrones dietéticos de huella hídrica (PDHH) derivados del análisis de componentes principales (ACP).....	94
Figura 9. Propuesta de Guía alimentaria sostenible para México.....	97
Figura 10. Guía alimentaria sostenible para México, complementaria .....	98
Figura 11. Ejemplo de los talleres psico-nutricionales-sostenibles desarrollados .....	99
Figure 12. Ejemplos de las funciones de la aplicación empleada en la intervención .....	109
Figura 13. Diagrama de flujo de la selección de participantes .....	112
Figura 14. Fotografías subidas al foro de la aplicación NutriSOS por los participantes .....	113
Figura 15. Ejemplo del sistema de economía de fichas .....	114
Figura 16. Encuestas semanales para monitoreo de adherencia al programa .....	115
Figura 17. Huella hídrica dietética por grupo y etapa.....	130
Figura 18. Huella de carbono dietética por grupo y etapa .....	133
Figura 19. Cambios en la abundancia relativa de la microbiota intestinal del grupo de intervención durante las tres etapas del estudio (semana 0, 8 y 15) .....	136
Figura 20. Cambios en la abundancia relativa de la microbiota intestinal del grupo control durante las tres etapas del estudio (semana 0, 8 y 15) .....	138
Figura 21. Cambios en la abundancia relativa de la microbiota intestinal entre grupos durante las tres etapas del estudio (semana 0, 8 y 15).....	140

# RESUMEN

Abstract

# Resumen

---

**Introducción:** México está atravesando por una importante crisis medioambiental y nutricional, y su principal causa son las conductas insostenibles de la población. Una propuesta para contribuir a la solución de ambos problemas en conjunto es la adopción de dietas sostenibles, que consideran la salud, nutrición, economía, sociedad, cultura y medio ambiente. Sin embargo, en México y el mundo no se ha diseñado aún un programa de intervención orientado en este sentido.

**Objetivo:** Diseñar un programa de intervención psico-nutricional-sostenible y evaluar su efecto sobre la huella hídrica y de carbono, biomarcadores metabólicos y microbiota intestinal en población mexicana. El estudio se dividió en tres etapas con objetivos específicos.

## Metodología:

**Etapa 1:** Se realizaron dos estudios de evaluación y diagnóstico de la situación nutricional y medioambiental de Jalisco, México. Estos fueron estudios transversales en muestras representativas de la población. En el estudio 1 se evaluó a una muestra de 395 adultos de entre 18 y 74 años. Se evaluó su estado nutricional, ingesta dietética y su impacto medioambiental (huella hídrica), por medio de un Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos (CFCA) validado y el método Water Footprint Assessment (WFA). Se llevaron a cabo análisis estadísticos descriptivos, de comparación de acuerdo con el nivel de adiposidad de la población, y análisis de riesgo y relaciones para identificar alimentos con alto impacto medioambiental y efectos deletéreos o benéficos para la salud. En el estudio 2 se evaluó a 400 adultos de 18 a 74 años, de la Zona Metropolitana de Guadalajara, México. Se empleó un CFCA y se calculó su huella hídrica dietética con el método WFA. Se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) para identificar patrones dietéticos en la población. Una vez realizados los estudios, se llevó a cabo el diseño de una intervención psico-nutricional-sostenible. Se empleó el modelo de dietas sostenibles, el modelo de rueda de cambio de comportamiento y el modelo QC7G. Se desarrolló material para cargar en una aplicación móvil que incluyó una guía alimentaria sostenible, recetas, y planes alimenticios sostenibles, así como recordatorios y técnicas de modificación conductual.

**Etapa 2:** Se llevó a cabo la intervención durante 7 semanas, y un periodo de seguimiento de 7 semanas, con una semana de monitoreo intermedia (semana 8). Se incluyeron 100 adultos jóvenes de 18 a 35 años (grupo control n=50, grupo de intervención n=50), empleando una aplicación móvil. Se utilizó el modelo de proceso de atención nutricional, incorporando evaluación (basal), diagnóstico, intervención, monitoreo y evaluación final. Se consideraron indicadores antropométricos, bioquímicos, clínicos, dietéticos, medioambientales, de nivel socioeconómico, conocimientos nutricionales-sostenibles, aspectos conductuales y de actividad física. Se incluyeron 13 objetivos conductuales empleando aproximaciones sucesivas en talleres en línea dos veces por semana. Estos se orientaron a incrementar la realización de actividad física y el consumo de alimentos y platillos mexicanos, frutas y vegetales, cereales integrales, leguminosas, semillas y grasas saludables, y a disminuir el consumo de lácteos, huevos, pescados y mariscos, pollo, carnes rojas (res y cerdo) y procesadas, alimentos ultra-procesados, azúcares añadidos y alimentos altos en grasas trans y saturadas. Cada taller consideró los elementos del modelo de dietas sostenibles. A cada participante se le prescribió un plan alimenticio sostenible personalizado semanal (acorde a la guía alimentaria). La población fue monitorizada empleando la aplicación móvil que incluyó técnicas de modificación conductual relacionadas con las guías, educación, persuasión, incentivar y coerción. Estas funcionaron con base en envío de mensajes diarios que se orientaron a comunicación de riesgos y beneficios y “nudges” (empujones), así como una economía de fichas a partir de registros dietéticos.

**Etapa 3:** Al final de las 7 semanas de intervención (semana 8) y 7 de seguimiento (semana 15), se evaluó el efecto de la intervención sobre la huella hídrica empleando el método huella hídrica y de carbono con base en el método Life Cycle Assessment (LCA). También se evaluaron los efectos sobre el perfil lipídico (colesterol total, LDL y HDL, y triglicéridos) y glucosa sérica empleando métodos enzimáticos colorimétricos. Los cambios sobre la microbiota intestinal de la población también fueron analizados. Se empleó Reacción en Cadena de la Polimerasa en tiempo real (qPCR) para 10 bacterias asociadas a salud metabólica, las cuales incluyeron Firmicutes, Bacteroidetes, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Faecalibacterium prausnitzii*, *Akkermansia muciniphila*,

*Prevotella copri*, *Bilophila wadsworthia*, *Clostridium coccooides*, y *Streptococcus thermophilus*. 80 participantes completaron el estudio (n = 40 por grupo). Se evaluaron los efectos de la intervención por medio de análisis descriptivos, comparativos y modelos de regresión lineal de efectos mixtos. Los análisis se realizaron en el programa STATA 12® y GraphPad Prism 10®.

## Resultados:

**Etapa 1:** En el estudio 1 se identificó una huella hídrica dietética promedio de 6,056 litros por persona por día ( $L \cdot p^{-1}d^{-1}$ ), que es un 55% más alta que la huella hídrica de las dietas saludables internacionales. El consumo de carne vacuna, leche, frutas, pollo y cereales grasos representó el 56% de la huella hídrica total. Se encontró un impacto significativo del sobrepeso y la obesidad sobre el medio ambiente ( $p < 0.05$ ). En el estudio 2 se identificaron tres patrones dietéticos en la población, uno basado en la dieta tradicional mexicana y una dieta occidentalizada (Transición Nutricional Media) consumido por el 55%, otro Saludable Basado en Plantas (28%) y uno más, Alto en Proteína Animal (17%). También se encontraron altas tasas de sobrepeso y obesidad y una huella hídrica incluso más elevada que en el estudio 1 ( $6,620 L \cdot p^{-1}d^{-1}$ ). Con respecto al diseño de la intervención se diseñó y validó una guía alimentaria sostenible, menús y un recetario sostenible. También se diseñó material psico-nutricional-sostenible validado para su uso en la intervención.

**Etapa 2:** Se tamizaron a 319 adultos de 18 a 35 años, de los cuales 100 fueron aleatorizados en un grupo control y de intervención. Al final, 80 participantes terminaron el estudio, 40 en el grupo control y 40 en el grupo de intervención. El grupo de intervención mostró una alta participación en la intervención, y usaron la aplicación móvil durante las 7 semanas de intervención.

**Etapa 3:** El grupo de intervención incrementó significativamente su consumo de frutas, vegetales, cereales integrales, leguminosas y disminuyeron significativamente su ingesta de alimentos de origen animal y ultra-procesados ( $p < 0.05$ ). La actividad física también aumentó, tanto en tiempo como en nivel. Los tipos de actividad física realizados también cambiaron. Se encontraron cambios estadísticamente significativos en los niveles de glucosa, colesterol total y HDL y la presión arterial del grupo de intervención ( $p < 0.05$ ). La huella hídrica y de carbono disminuyeron en más del 40% ( $p < 0.05$ ), y la microbiota intestinal presentó cambios variables entre bacterias y participantes. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la abundancia relativa de *Bilophila wadsworthia* después de la intervención, en el grupo control e intervención, con mayores niveles en el grupo control. La abundancia relativa de Bacteroidetes tuvo un aumento significativo de la semana 0 a la semana 8 en el grupo de intervención ( $p < 0.05$ ). Desde una perspectiva psicológica, se identificaron aumentos en las intenciones y motivaciones para consumir alimentos sostenibles y aumentó la preocupación de la población por los elementos ambientales, culturales, sociales y de salud vinculados al consumo de alimentos.

**Conclusión:** La dieta actual mexicana tiene uno de los mayores impactos medioambientales a nivel mundial, además de tener altas tasas de sobrepeso y obesidad (>60%). Una intervención psico-nutricional-sostenible puede modular ciertos biomarcadores metabólicos, la microbiota intestinal y disminuye el impacto medioambiental de la dieta. Esta tesis proporcionó una evaluación y guía nutricional y medioambiental para desarrollar futuras intervenciones. De acuerdo con los resultados de este estudio, las dietas sostenibles representan una forma eficaz de mejorar la salud humana y disminuir el impacto ambiental, y la ciencia del comportamiento demostró ser el medio adecuado para realizar intervenciones para promover dietas sostenibles.

**Palabras clave:** dietas sostenibles, educación nutricional-sostenible, cambio de comportamiento, microbiota intestinal, impacto medioambiental

# Abstract

---

**Introduction:** Mexico is currently facing a significant environmental and nutritional crisis, primarily due to the unsustainable behaviors of its population. One proposed solution to address both issues simultaneously is the adoption of sustainable diets, which consider health, nutrition, economy, society, culture, and the environment. However, no intervention program has been designed in this regard in Mexico or globally.

**Objective:** To design a sustainable-psycho-nutritional intervention program and evaluate its effect on the water and carbon footprint, metabolic biomarkers, and gut microbiota in the Mexican population. The study was divided into three stages with specific objectives.

## **Methodology:**

**Stage 1:** Two evaluation and diagnostic studies of the nutritional and environmental situation in Jalisco, Mexico, were conducted. These were cross-sectional studies in representative population samples. In Study 1, a sample of 395 adults aged 18 to 74 years was evaluated for nutritional status, dietary intake, and environmental impact (water footprint), using a validated Food Frequency Questionnaire (FFQ) and the Water Footprint Assessment (WFA) method. Descriptive, comparative statistical analyses based on population adiposity levels, and risk and relationship analyses were conducted to identify foods with high environmental impact and deleterious or beneficial health effects. In Study 2, 400 adults aged 18 to 74 years from the Guadalajara Metropolitan Area, Mexico, were evaluated using an FFQ and their dietary water footprint calculated with the WFA method. A principal component analysis was performed to identify dietary patterns in the population. Following the studies, a psycho-nutritional-sustainable intervention was designed using the sustainable diets model, the behavioral change wheel model, and the QC7G model. Material for a mobile application was developed, including a sustainable dietary guide, recipes, and sustainable meal plans, along with reminders and behavioral modification techniques.

**Stage 2:** The intervention was conducted over 7 weeks, with a 7-week follow-up period, including an intermediate monitoring week (week 8). The study included 100 young adults aged 18 to 35 years (control group n=50, intervention group n=50) using a mobile application. The nutrition care process model was utilized, incorporating baseline evaluation, diagnosis, intervention, monitoring, and final evaluation. Anthropometric, biochemical, clinical, dietary, environmental, socioeconomic level, sustainable nutritional knowledge, behavioral aspects, and physical activity indicators were considered. Thirteen behavioral objectives were included, using successive approximations in online workshops twice a week. These aimed to increase physical activity and the consumption of Mexican dishes, fruits and vegetables, whole grains, legumes, seeds, and healthy fats, while reducing the consumption of dairy, eggs, seafood, chicken, red and processed meats, ultra-processed foods, added sugars, and foods high in trans and saturated fats. Each workshop included elements of the sustainable diets model. Each participant was prescribed a weekly personalized sustainable meal plan (according to the dietary guide). The population was monitored using the mobile application, which included behavioral modification techniques related to guides, education, persuasion, incentivization, and coercion. These worked based on daily message sending focused on risk and benefit communication and "nudges," as well as a token economy from dietary records.

**Stage 3:** At the end of the 7-week intervention (week 8) and 7-week follow-up (week 15), the effect of the intervention on the water footprint was evaluated using the WFA method and the carbon footprint using the Life Cycle Assessment (LCA) method. The effects on the lipid profile (total cholesterol, LDL, HDL, and triglycerides) and serum glucose were also evaluated using colorimetric enzymatic methods. Changes in the gut microbiota of the population were also analyzed using real-time polymerase chain reaction (qPCR) for 10 bacteria associated with metabolic health, including Firmicutes, Bacteroidetes, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Faecalibacterium prausnitzii*, *Akkermansia muciniphila*, *Prevotella copri*, *Bilophila wadsworthia*, *Clostridium coccoides*, and *Streptococcus thermophilus*. Eighty participants completed the study (n = 40 per group). The effects of the



intervention were evaluated using descriptive, comparative analyses and mixed-effects linear regression models. The analyses were conducted using STATA 12® and GraphPad Prism 10®.

## Results:

**Stage 1:** Study 1 identified an average dietary water footprint of 6,056 liters per person per day ( $L\ p^{-1}d^{-1}$ ), which is 55% higher than the water footprint of international healthy diets. Consumption of beef, milk, fruits, chicken, and fatty cereals accounted for 56% of the total water footprint. A significant impact of overweight and obesity on environmental impact was found ( $p < 0.05$ ). Study 2 identified three dietary patterns in the population: one based on the traditional Mexican diet and a Westernized diet (Medium Nutritional Transition) consumed by 55%, another Plant-Based Healthy (28%), and one more Animal Protein High (17%). High rates of overweight and obesity and an even higher water footprint than in Study 1 ( $6,620\ L\ p^{-1}d^{-1}$ ) were also found. Regarding the intervention design, a sustainable dietary guide, menus, and a sustainable recipe book were designed and validated. Psycho-nutritional-sustainable material was also designed and validated for use in the intervention.

**Stage 2:** 319 adults aged 18 to 35 years were screened, of which 100 were randomized into a control and intervention group. At the end, 80 participants completed the study, 40 in the control group and 40 in the intervention group. The intervention group showed high participation and used the mobile application during the 7-week intervention.

**Stage 3:** The intervention group significantly increased their consumption of fruits, vegetables, whole grains, legumes and significantly reduced their intake of animal-based and ultra-processed foods ( $p < 0.05$ ). Physical activity also increased, both in time and level. The types of physical activity performed also changed. Significant changes in glucose levels, total cholesterol, HDL, and blood pressure were found in the intervention group ( $p < 0.05$ ). Water and carbon footprints decreased by more than 40% ( $p < 0.05$ ), and gut microbiota showed variable changes among bacteria and participants. Statistically significant differences were found in the relative abundance of *Bilophila wadsworthia* after the intervention in the control and intervention groups, with higher levels in the control group. The relative abundance of Bacteroidetes significantly increased from week 0 to week 8 in the intervention group ( $p < 0.05$ ). From a psychological perspective, increases in intentions and motivations to consume sustainable foods were identified, and population concern for environmental, cultural, social, and health elements linked to food consumption increased.

**Conclusion:** The current Mexican diet has one of the highest environmental impacts worldwide, besides having high rates of overweight and obesity (>60%). A sustainable-psycho-nutritional intervention can modulate certain metabolic biomarkers, gut microbiota, and reduce the environmental impact of the diet. This thesis provided an evaluation and nutritional and environmental guide to develop future interventions. According to the results of this study, sustainable diets represent an effective way to improve human health and reduce environmental impact, and behavioral science proved to be the appropriate means for interventions to promote sustainable diets.

**Keywords:** sustainable diets, sustainable nutritional education, behavior change, gut microbiota, environmental impact

# INTRODUCCIÓN

# Introducción

Aunque las conductas de los seres humanos permitieron su evolución y generaron los cambios más importantes en la humanidad, no todas son positivas para su salud ni para su entorno (Clayton & Brook, 2005; Lazzeri et al., 2014; Milton, 1993). En México, por un lado, las conductas alimentarias inadecuadas han llevado a que más de 95 millones de habitantes padezcan alguna enfermedad metabólica como obesidad, diabetes tipo 2 y afecciones cardiovasculares, así como alteraciones en la microbiota intestinal (Chávez-Carbajal et al., 2019; Encuesta Nacional de Salud y Nutrición [ENSANUT], 2018; López-Espinoza et al., 2014). Por otro lado, las conductas consideradas como anti-ambientales, han conducido a incrementos de 1.0 °C en las temperaturas atmosféricas desde la revolución industrial y han generado que México atravesase por una crisis grave del agua (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio [NASA], 2021; Corral-Verdugo et al., 2019; Oskamp, 2000; The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2020; World WildLife Fund, 2021).

Aunque generalmente la psicología de la conservación ambiental y el estudio del comportamiento alimentario son áreas de estudio diferenciadas, en los últimos años se ha reconocido que lo que hacen los seres humanos para alimentarse, es decir su comportamiento alimentario, está directa e indirectamente relacionado con el deterioro del medio ambiente y el agotamiento de los recursos naturales (Clark et al., 2019; Lares-Michel et al., 2021, 2022; Willett et al., 2019). Una propuesta tanto para regular los impactos de las dietas humanas sobre el medioambiente, como para mejorar la salud de la población, son las dietas sostenibles. Este concepto propone una alimentación que optimice y cuide los recursos naturales, sea saludable y nutritiva, culturalmente aceptable y económicamente asequible, para las generaciones presentes y futuras (Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2012; Śmiglak-Krajewska et al., 2020).

Lograr que una población se adhiera a una dieta sostenible es complejo. Esto tanto por la cantidad de dimensiones que las dietas sostenibles incorporan, como por la modificación de conductas alimentarias que generalmente fueron arraigadas desde edades tempranas y engloban preferencias individuales, lo que complejiza su modificación (Jarmul et al., 2020; López-Espinoza et al., 2016). Una de las aproximaciones teóricas con mayor respaldo científico a nivel mundial, para modificación conductual, es el modelo de rueda de cambio de comportamiento de Michie et al. (2011), con el cual es posible diseñar intervenciones para modificación de conductas específicas. Sin embargo, hasta el momento ninguna investigación, tanto a nivel nacional como internacional, ha llevado a cabo un programa de intervención cuyo objetivo sea promover el consumo de una dieta sostenible y evaluar sus efectos sobre la salud y el medio ambiente.

Por ello, en el presente proyecto, se diseñó un Programa de Intervención Psico-Nutricional-Sostenible y se está evaluó su efecto sobre la adherencia a una dieta sostenible, así como su efecto sobre la huella hídrica y de carbono, biomarcadores metabólicos (glucosa sérica y perfil lipídico) y composición de microbiota intestinal en población mexicana. Adicionalmente, se analizó su efecto

sobre la composición corporal e indicadores clínicos como presión arterial y acantosis nigricans. Primero se llevó a cabo una evaluación y diagnóstico en población de Jalisco, México. Para ello, se llevaron a cabo dos estudios transversales. En el primero se evaluó la dieta y huella hídrica la población con relación a los niveles de adiposidad de esta. En el segundo se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP), para la identificación de patrones dietéticos y su respectivo impacto medioambiental, especialmente relacionado con la huella hídrica.

Posteriormente se diseñó una intervención psico-nutricional-sostenible, con base en la guía para diseñar intervenciones de Michie et al. (2014) y en las características de las dietas sostenibles (Johnston et al., 2014), tanto respecto a la dieta para salud planetaria de la comisión EAT-Lancet (Willett et al., 2019) como a la dieta tradicional mexicana prehispánica de la milpa (Almaguer González et al., 2019, 2020). El programa estuvo basado en la categoría de políticas “guías” y en las funciones de intervención “educación”, “persuasión”, “incentivación” y “coerción”, las cuales han demostrado efectividad en la modificación del comportamiento alimentario hacia conductas sostenibles (Klaniiecki et al., 2019). Estos elementos se integraron dentro de talleres de educación nutricional-sostenible, que incorporaron temáticas específicas, cuyo objetivo fue incrementar o disminuir conductas alimentarias, sostenibles e insostenibles, respectivamente. Al final del estudio, 80 participantes completaron la investigación, 40 en un grupo control y 40 en un grupo de intervención.

La presente tesis se integra por la aproximación teórica, seguido de la justificación del estudio, los objetivos de este y la metodología empleada. Finalmente se presentan los resultados, la discusión, conclusiones, agradecimientos, referencias, los apéndices electrónicos y los anexos.

# APROXIMACIÓN TEÓRICA

# Aproximación Teórica

## Crisis Medioambiental en el Mundo y en México

Actualmente, México y el mundo atraviesan por una crisis medioambiental (Auestad & Fulgoni, 2015; Willett et al., 2019), que se ha caracterizado por el cambio climático (IPCC, 2018), y la escasez de recursos naturales, como el agua (Marengo Mogollón, 2020).

### El Cambio Climático

El cambio climático se define como cualquier cambio en el clima ocurrido a lo largo del tiempo, debido a variabilidad natural o como resultado de la actividad humana (IPCC, 2018; United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2011). Sus consecuencias incluyen alteraciones hidrológicas como inundaciones y derrumbes, temperaturas extremas, tormentas, sequías e incremento en los niveles oceánicos (Keim, 2021). Desde la revolución industrial (año 1760) las temperaturas anuales promedio se han incrementado entre 0.8 y 1.2 °C (promedio de 1.0 °C) (Hoegh-Guldberg et al., 2018; IPCC, 2019; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC] [SEMARNAT-INECC], 2016). Este fenómeno de modificación climática hoy en día también afecta a México, y existen proyecciones que indican que para el año 2099, las temperaturas de Centro América se elevarán hasta 5.0 °C (Karmalkar et al., 2011).

Una de las principales causas del cambio climático es una excesiva generación de gases de efecto invernadero (GEI), que forman una capa en la atmósfera de la tierra que evita que el calor que ingresa a la tierra por medio del sol pueda salir. El principal GEI que contribuye al cambio climático es el dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq), que incluye CO<sub>2</sub> y metano (CH<sub>4</sub>), entre otros. A pesar de que el CO<sub>2</sub> forma parte de un proceso natural (erupciones volcánicas, absorción por plantas durante fotosíntesis), las actividades humanas han perturbado el balance de este ciclo, debido al incremento en la emisión del CO<sub>2</sub> eq por la quema de combustibles fósiles y desechos sólidos, así como sistemas productivos incluido el alimentario (IPCC, 2018; Uejio et al., 2021; Willett et al., 2019).

### Escasez de Agua en el Mundo y en México

México atraviesa por una importante crisis de escasez de agua, pues las cuencas del país tienen déficits de casi 600 millones de m<sup>3</sup> de agua (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2015); el 71% de los cuerpos de agua disponibles en el país tienen algún grado de contaminación y el 19% de los acuíferos están sobreexplotados por actividades humanas (Marengo Mogollón, 2020). Esto ha comenzado a generar importantes conflictos, tanto entre regiones dentro del país, como en zonas fronterizas (López, 2019; Marengo Mogollón, 2020). Además, el crecimiento poblacional puede agravar este problema, especialmente si se considera que de los 1449.5 km<sup>3</sup> de agua anual que recibe el país por medio de precipitaciones (740 mm anuales), 1050 km<sup>3</sup> se pierden por evapotranspiración, y el

sector agropecuario acapara más del 76% de esta cantidad (Arreguin-Cortes & Cervantes-Jaimes, 2020; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2018b). Actualmente, el 10% de la población no tiene acceso a agua, lo que representa a más de 15 millones de personas (López, 2019).

## Impacto Medioambiental de los Sistemas Alimentarios en el Contexto de la Transición Nutricional

Los sistemas agrícolas son parte de un sistema alimentario más amplio que incluye la producción, el procesamiento, la fabricación de alimentos y la distribución a los consumidores (Auestad & Fulgoni, 2015). En los últimos años se ha señalado que estos generan importantes impactos medioambientales (Macdiarmid et al., 2012; Scheelbeek et al., 2020), pues la producción de alimentos puede llegar a demandar hasta el 85% de los recursos hídricos de un país (Mekonnen & Hoekstra, 2010b), llegando al 76% en México (SEMARNAT, 2018b). Además, alrededor de una cuarta parte (21%-37%) de las emisiones antropogénicas de EGEI provienen de los sistemas alimentarios (IPCC, 2020; Lindgren et al., 2018; Scheelbeek et al., 2020).

En general, las dietas altas en carnes tienen el mayor impacto medioambiental con EGEI de más de 7.19 kg CO<sub>2</sub> equivalente por persona al día (kg CO<sub>2</sub>eq/d) (Scarborough et al., 2014). Mientras que las dietas veganas generan EGEI de alrededor de 2.89 CO<sub>2</sub>eq/d (Scarborough et al., 2014) y pueden llegar a ser menores a los 0.38 kg CO<sub>2</sub>eq/d (Chen et al., 2019). Además, se ha comprobado que cambiar los patrones dietéticos actuales por dietas basadas en plantas, como la ovolactovegetariana o vegana, puede generar disminuciones de EGEI de 35% y 49%, respectivamente, con rangos desde 13% hasta 89% (Fresán & Sabaté, 2019). Actualmente no se han calculado las EGEI de la dieta mexicana, sin embargo, se ha reportado que los alimentos de origen vegetal, producidos en el país, generan menos de 0.056 kg CO<sub>2</sub>eq por porción, es decir menor de 56 gramos de este gas. Mientras que la producción de una porción de carne alta en grasa genera más de 1.41 kg CO<sub>2</sub>eq (Ruiz Cerrillo, 2017). En México, el impacto medioambiental de las dietas se ha agravado por la transición nutricional y el sobreconsumo de proteína animal como parte de dietas “saludables” o “fitness” vinculadas al desarrollo de ejercicio físico para fortalecimiento de masa muscular (Lipsky, 2010; Popkin, 1993, 2001; Tello et al., 2020).

## Dietas Sostenibles

Como respuesta a la crisis medioambiental, en la década de los 80's comenzó a discutirse la necesidad de incluir conceptos de sostenibilidad dentro de las recomendaciones nutricionales (Gussow & Clancy, 1986; Gussow, 1999). La sostenibilidad, de manera general, es un término que se refiere a la combinación de aspectos económicos, ecológicos y sociales (Vermeir & Verbeke, 2008). Aunque existe controversia entre el uso de los términos sostenible y sustentable (Rivera-Hernández et al.,

2017), es importante señalar que este término en inglés se conoce como *sustainability*, el cual tiene dos traducciones al español: sustentabilidad y sostenibilidad. Si bien la traducción de ambas palabras al inglés es la misma (*sustainability*), en el español sus raíces no significan lo mismo, aunque por mucho tiempo se han usado como sinónimos (SEMARNAT, 2018a). La SEMARNAT (2018a), las diferencia al señalar que lo sustentable se aplica a la argumentación para explicar razones o defender, en tanto que lo sostenible es lo que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos.

Una vez aclarada esta diferencia conceptual, el siguiente término que fue introducido dentro de la alimentación con bajos impactos medioambientales, fue la “econutrición”. Este concepto se propuso con la finalidad de señalar el efecto que la pérdida de biodiversidad puede tener sobre la calidad de la dieta y, consecuentemente, sobre la salud humana (Barling et al., 2009; Pérez-Cueto, 2015; Wahlqvist & Specht, 1998; Wahlqvist, 2002, 2009). Pasados los años, la ciencia ha encontrado cada vez más relaciones entre la alimentación, la EGEI y el uso de recursos naturales, como el agua. Se comenzó a reconocer la importancia de considerar dentro de las políticas alimentarias y nutricionales, además de los aspectos relacionados con la salud, los elementos del entorno, como los aspectos culturales, sociales, económicos, psicológicos y medioambientales, entre otros (Barling et al., 2009; Pérez-Cueto, 2015).

Una de las propuestas con más integración de los elementos anteriores, y la cual consolidó la incorporación de la sostenibilidad en la alimentación, es el concepto de dietas sostenibles, generado por la FAO (2010, 2012) que integra cuatro dimensiones principales (Figura A1.1 en Apéndice electrónico 1): 1) salud y nutrición, 2) economía, 3) cultura y sociedad y 4) medio ambiente. (Auestad & Fulgoni, 2015; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019). Sin embargo, otros autores como Johnston et al. (2014) proponen que este tipo de dietas estén compuestas por seis principales dimensiones, con diversos elementos dentro de cada una de estas. Las dimensiones presentadas incorporan: 1) bienestar y salud, 2) biodiversidad, medio ambiente y clima, 3) equidad y comercio justo, 4) alimentos eco-amigables, locales y de temporada, 5) patrimonio cultural y habilidades, y 6) necesidades de alimentos y nutrientes, seguridad alimentaria y acceso. Cada uno de estos aspectos incorporan a su vez otros elementos particulares, como se puede observar en la Figura A1.2 (Apéndice electrónico 1).

Adicional a estas aproximaciones conceptuales, recientemente se han propuesto nuevos términos como la seguridad nutricional sostenible, las dietas flexitarianas y la dieta para salud planetaria de la comisión The EAT-Lancet, que brindan propuestas para expandir el conocimiento sobre la nutrición sostenible y las metodologías para evaluar a las dietas sostenibles (Derbyshire, 2017; Gustafson et al., 2016; Tompa et al., 2020; Whitmee et al., 2015; Willett et al., 2019).

La definición de dietas sostenibles más actualizada fue brindada por la FAO y la Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS, 2019), la cual amplía el término dietas y lo denomina patrones dietéticos, de la siguiente manera: “Patrones dietéticos que promueven todas las dimensiones de la salud y el bienestar de las personas; tienen baja presión e impacto medioambiental; son accesibles,



asequibles, seguros y equitativos; y son culturalmente aceptables” (p. 9). Por lo cual, las cuatro dimensiones básicas de las dietas sostenibles serán el marco de referencia del presente proyecto de tesis, y se describen a continuación, considerando las sub-divisiones de Johnston et al. (2014).

## **Dimensión Nutrición y Salud**

Cuando se aborda el concepto de dietas o patrones dietéticos, generalmente la primera palabra que se relaciona con esos conceptos es “nutrición”. En este sentido, y dentro del marco de las dietas sostenibles, el dominio “salud y nutrición” será el primer elemento para discutir dentro del modelo de Johnston et al. (2014). La nutrición se abordará dentro del sub-componente “necesidades de alimentos y nutrientes, seguridad alimentaria y accesibilidad”. Una vez analizados estos aspectos, se analizará el dominio “bienestar y salud”.

## **La Dieta Tradicional Mexicana desde la Perspectiva de la Sostenibilidad**

México es un país cuya dieta tradicional ha sido reconocida como patrimonio de la humanidad, por su riqueza cultural y nutricional (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2010). Actualmente se reconocen tres tipos de dietas mexicanas: tradicional prehispánica, colonizada y occidentalizada. La primera se integra principalmente por maíz, frijol, chile y calabaza, y se considera una dieta territorial saludable (Almaguer González et al., 2019, 2020; Gálvez Mariscal & Peña Montes, 2015; Guzmán, 2013; Hachem et al., 2020). La dieta mexicana colonizada, adicional a los alimentos de la dieta tradicional prehispánica, incorpora preparaciones con ingredientes que no son de origen mexicano, como las carnes rojas (res y cerdo), que integran platillos característicos como los tacos de carne, los tamales, el pozole, etc. (Harris, 2005; Niembro Gaona & Téllez Cuevas, 2012; Romero-Gwynn & Douglas, 1997; Santiago-Torres et al., 2016; Valerino-Perea et al., 2019). Esta dieta puede ser una opción saludable si se emplean técnicas culinarias que implican poco uso de grasas y condimentos hipercalóricos, como el asado, horneado o hervido (Geiker et al., 2021; Santiago-Torres et al., 2016; Valerino-Perea et al., 2019), y limitando las cantidades de alimentos de origen animal empleadas en las recetas (Geiker et al., 2021). Finalmente, la dieta mexicana occidentalizada, es la dieta actual que integra una combinación de alimentos tradicionales mexicanos y alimentos altos en calorías, azúcares, grasas saturadas, sodio y alimentos de origen animal y ultra-procesados (Ministerio de Salud de Brasil, 2015; Monteiro et al., 2019; Ortiz-Hernández et al., 2006).

## **Necesidades de alimentos y nutrientes, seguridad alimentaria y accesibilidad**

En el contexto específico de México, definir las características nutricionales de una dieta sostenible para su población es complejo, si se considera la transición nutricional por la que atraviesa el país actualmente. No obstante, si se rescatan las características de la dieta tradicional antes señalada, sería posible generar una propuesta nutricionalmente apropiada, dentro del contexto de las dietas sostenibles (Almaguer González et al., 2019, 2020; FAO, 2012).

## **Bienestar y salud**

La principal función de la nutrición es la mejora de la salud y la prevención de enfermedades crónicas (Johnston et al., 2014; López-Espinoza et al., 2016), así como el fortalecimiento del sistema inmune, lo cual cobra relevancia en el contexto actual de la pandemia por COVID-19 (Al-Assal et al., 2018; Childs et al., 2019; Dhar & Mohanty, 2020; Popkin & Du, 2003). A continuación, se describen estos elementos con mayor detalle.

## **Indicadores clínicos y bioquímicos de enfermedades crónicas no transmisibles de mayor prevalencia en México**

Uno de los elementos más importantes para el diagnóstico y prevención de enfermedades, son los biomarcadores metabólicos (Campos-Nonato et al., 2017). Cada uno de estos varía de acuerdo con las enfermedades que se pretenda diagnosticar (Hernández-Alcaraz et al., 2020). En el caso de la obesidad, el indicador más empleado para su diagnóstico y monitoreo es el Índice de Masa Corporal (IMC) (Mahadevan & Ali, 2016), el porcentaje de grasa corporal (Fatima et al., 2014) y visceral (Shuster et al., 2012), así como la circunferencia de cintura (Ross et al., 2020). Con respecto a la diabetes tipo 2, los niveles plasmáticos de glucosa en ayuno han sido uno de los indicadores más empleados en la investigación, para evaluar el riesgo de desarrollar este tipo de diabetes (Hernández-Alcaraz et al., 2020). Además, los niveles de glucosa constantes, en conjunto con los niveles séricos de insulina, han sido señalados como un mecanismo favorecedor de la obesidad. Y la presencia de acantosis nigricans, un tipo de dermatosis caracterizada por hiperpigmentación y engrosamiento de la piel en áreas de flexión (axila, ingle, región posterior y lateral del cuello, etc.), se ha reportado como un indicador confiable de resistencia a la insulina, que generalmente antecede al desarrollo de diabetes tipo 2 (Camacho & Ruppel, 2017; Ferraz et al., 2013; Pinheiro et al., 2011). Finalmente, respecto a las enfermedades cardiovasculares, los principales indicadores de riesgo son el perfil lipídico, que incorpora triglicéridos (TG), colesterol total (CT), colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (C-LDL) y colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (C-HDL), principalmente (Hernández-Alcaraz

et al., 2020). Así como la presión arterial (Hernández-Alcaraz et al., 2020), y el índice cintura-cadera (World Health Organization [WHO], 2008).

## **Microbiota Intestinal**

En el contexto de la salud y nutrición existe una creciente corriente que ha señalado que uno de los elementos determinantes de la salud y enfermedades crónico-degenerativas es la microbiota intestinal (Al-Assal et al., 2018; Cotillard et al., 2013). La microbiota intestinal humana se define como el conjunto de microorganismos que colonizan el intestino de los seres humanos. Uno de los principales motivos por los cuales tiene relevancia en los últimos años es debido a que ejerce importantes funciones inmunológicas, metabólicas, fisiológicas y estructurales (Gómez-Reyes & Barrera Romero, 2016; Kovatcheva-Datchary et al., 2013).

La microbiota intestinal humana se integra principalmente por bacterias, aunque también incluye hongos, arqueas, levaduras y virus. Taxonómicamente, las bacterias se clasifican según filo, clases, órdenes, familias, géneros y especies. Los filos microbianos intestinales dominantes son Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacteria, Proteobacteria, Fusobacteria y Verrucomicrobia, predominando los filos Firmicutes y Bacteroidetes, los cuales representan el 90% de la microbiota intestinal (Gómez-Reyes & Barrera Romero, 2016; Rinninella et al., 2019a, 2019b). En la Figura A1.3 (Apéndice electrónico 1) se presenta un ejemplo de la clasificación taxonómica de los principales filos presentes en la microbiota intestinal. Dentro del cuadro presentado en la imagen, se integran las bacterias más comunes en la microbiota intestinal.

## **Efecto de Diferentes Dietas sobre la Microbiota Intestinal**

La microbiota intestinal humana está determinada por diversos factores, como el uso de antibióticos, la edad, y de manera particular, la dieta (Harvie et al., 2017; Leeming et al., 2019). El tipo de dieta influye tanto en la diversidad de esta, como en su densidad y en sus funciones (De Angelis et al., 2020; Senghor et al., 2018). Se ha demostrado en reiteradas ocasiones que cada filo bacteriano se relaciona con nutrientes o tipos de alimentos en particular (Rowland et al., 2018; Senghor et al., 2018; Singh et al., 2017). Como ejemplo de lo anterior, en la Tabla A2.1 (Apéndice electrónico 2) se presenta el tipo de bacterias que han sido reportadas en la microbiota intestinal de acuerdo con distintos tipos de dietas. Así mismo, se muestran las bacterias que tienden a disminuir con dietas particulares. Cabe señalar que en la literatura empleada se reportaron desde filos, clases, órdenes y familias, hasta géneros y especies, por ello, los datos reportados en la Tabla A1.1 se muestran de la manera en que fueron presentados por los autores, y únicamente se distinguió entre filo y la bacteria reportada.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla A2.1 (Apéndice electrónico 2), el consenso científico apunta hacia dietas ricas en fibra y bajas en alimentos ultra-procesados y de origen animal, para mejorar la diversidad y población de la microbiota intestinal humana, y poder preservar su

adecuado funcionamiento (Aslam et al., 2020; De Filippis et al., 2016; Martínez Leo & Segura Campos, 2020; Senghor et al., 2018; Zinöcker & Lindseth, 2018). Incluso, el consumo de carne de res se ha relacionado con disminución de bacterias benéficas como *Bifidobacterium* (Albracht-Schulte et al., 2021; Hentges et al., 1977; Rinninella et al., 2019a, 2019b) y la sustitución de proteína animal por proteína vegetal como la de chícharo, ha sido referido como una opción adecuada para incrementar la cantidad de bacterias benéficas para el organismo (*Bifidobacterium* y *Lactobacillus*) y disminuir aquellas que se consideran patógenas (*Bacteroides fragilis* y *Clostridium perfringens*) (Dominika et al., 2011). En este sentido, las características de una dieta que beneficia a la microbiota intestinal coinciden con los elementos de una dieta que optimiza la utilización de recursos naturales y genera bajos impactos al medio ambiente (Willett et al., 2019).

## Dimensión medioambiental

Una de las características que más se reitera en la literatura relacionada con las dietas sostenibles, es el impacto medioambiental de estas. Dentro del modelo de Johnston et al. (2014), se señalan dos dimensiones principales relacionadas con este aspecto. Estos son “biodiversidad, medioambiente y clima” y “alimentos eco-amigables, locales y de temporada”, los cuales se describen a continuación.

### Biodiversidad, medioambiente y clima

Dentro del modelo de Johnston et al. (2014), en el aspecto relacionado con la biodiversidad, medioambiente y clima, se incorporan las EGEI, los sistemas ecosistémicos, los hogares urbanos vs. rurales, el marketing de alimentos y el uso de combustibles fósiles para cultivo, procesamiento y transporte. Dentro de estas sub-dimensiones, sin lugar a duda el aspecto más mencionado en los textos científicos referentes a dietas sostenibles, son las EGEI, pues como se señaló, los sistemas alimentarios generan hasta el 37% de las emisiones antropogénicas de GEI (Lindgren et al., 2018; Scheelbeek et al., 2020). Sin embargo, la producción de cada alimento no es igual, y la cuantificación de estos gases requiere del análisis del ciclo de vida del producto en cuestión (Green et al., 2017; Pandey et al., 2010).

### Cuantificación de gases de efecto invernadero: huella de carbono

El indicador más empleado para calcular los impactos antropogénicos sobre el cambio climático es la huella de carbono, la cual cuantifica la cantidad de GEI emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios (Espíndola & Valderrama, 2012; Pandey et al., 2010). El método más empleado para la cuantificación de huella de carbono es Análisis de Ciclo de Vida (ACV) o *Life Cycle Assessment* (LCA) como es reconocido a nivel internacional (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2006). Con base en la huella de

carbono, la producción de alimentos de origen animal ha sido señalada como la principal generadora de EGEI en los sistemas alimentarios (Herrero et al., 2013; Macdiarmid et al., 2012; Vieux et al., 2012). En el contexto de México y empleando el método de Ruiz Cerrillo (2017), que consistió en cuantificación de g de CO<sub>2</sub>eq a partir de valores pre-calculados, la producción de carnes altas en grasa se identificó con una huella de carbono de 1,410 g CO<sub>2</sub>eq por ración, cuyo aporte calórico promedio es de 100 calorías (Kcal). Mientras que la producción de vegetales genera en promedio 70 g CO<sub>2</sub>eq por una ración de 25 Kcal, y los cereales y tubérculos generan 56 g CO<sub>2</sub>eq por porción de 70 Kcal.

En la Tabla A2.2 (Apéndice electrónico 2), se presenta la huella de carbono de los grupos de alimentos reportados en el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) (Pérez Lizaur et al., 2014). Como es posible observar, el grupo de alimentos de origen animal altos en grasa es el que mayor huella de carbono por porción presenta y, los azúcares sin grasa representan el grupo con menor huella de carbono (Ruiz Cerrillo, 2017). Esto ha sido referido como un problema importante cuando se intenta generar dietas sostenibles (Stenson & Buttriss, 2020).

## **Cuantificación de contaminación de agua: huella hídrica gris**

Si se analiza con detenimiento al aspecto biodiversidad, medioambiente y clima del modelo de Johnston et al. (2014), es posible identificar que esta sección específica se refiere a impactos medioambientales, principalmente por medio de contaminación y no por uso de recursos naturales. En este sentido, la contaminación del agua es un aspecto sumamente importante con relación a medio ambiente y dietas sostenibles (Lindgren et al., 2018; Steenson & Buttriss, 2020). La huella hídrica gris es el componente particular de la huella hídrica, que permite calcular la cantidad de agua contaminada como resultado de un proceso productivo particular, como ocurre en la producción de alimentos (Hoekstra et al., 2011). En el contexto de la alimentación, además de la producción, el lavado y cocción de alimentos genera huella hídrica gris (Lares-Michel et al., 2021). Para su cálculo, la metodología más empleada, corresponde a *Water Footprint Assessment* (WFA) y recientemente se diseñó un modelo de cálculo específico para México, que considera esta aproximación (Lares-Michel et al., 2021).

## **Alimentos eco-amigables, locales y de temporada**

Referirse a alimentos “eco-amigables”, indica alimentos que fueron producidos con técnicas agrícolas sostenibles y responsables, que cuidan los recursos naturales (Dahm et al., 2009). El uso de agua es uno de los elementos más considerados con respecto a la producción agrícola, y la huella hídrica verde y azul son los dos indicadores que más se emplean para cuantificar el agua necesaria para la producción de alimentos (Hoekstra et al., 2011). Por su parte, los alimentos locales deben ser contextualizados a cada región particular, por lo que las dietas sostenibles siempre deberán adaptarse en ese sentido (FAO, 2012; Lindgren et al., 2018; Steenson & Buttriss, 2020). Finalmente, dentro de este mismo aspecto, elegir alimentos de temporada es una cuestión referida por la normatividad vigente de México (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2013a). Por lo que siempre que sea posible,

se debe preferir su consumo, por encima de otros que requieren de técnicas agrícolas para lograr su producción durante todo el año, como la agricultura protegida (los invernaderos), que pueden tener implicaciones negativas para el medio ambiente (Torrellas et al., 2013).

### **Cuantificación de uso de agua: huella hídrica verde y azul**

La huella hídrica total se define como el volumen de agua dulce necesaria para producir los bienes y servicios que consume una persona, incluyendo los alimentos (Blas et al., 2016; Hoekstra et al., 2011). Esta se integra por tres componentes y únicamente por agua dulce. Sus componentes son la anteriormente mencionada huella hídrica gris, la huella hídrica verde y la huella hídrica azul. Por su parte, la huella hídrica verde se refiere al uso humano del agua de lluvia, almacenada en el suelo como humedad. Indica la precipitación sobre la tierra que no se infiltra ni escurre, sino que permanece en el suelo o en la vegetación y se utiliza durante el proceso de evapotranspiración de las plantas en la agricultura. Por otro lado, la huella hídrica azul hace referencia al agua empleada para el riego agrícola, es decir que es un indicador del uso de agua dulce superficial o subterránea, que se extrae para usos particulares (Blas et al., 2016; Hoekstra et al., 2011).

Es de suma relevancia señalar que la huella hídrica de los alimentos puede variar de manera muy importante, especialmente cuando se contrasta la huella hídrica de alimentos de origen animal y vegetal (Harris et al., 2019; Mekonnen & Hoekstra, 2010a, 2010b; Vanham et al., 2021). Como ejemplo de lo anterior, en la Figura A1.4 (Apéndice electrónico 1) se presentan las huellas hídricas promedio, calculadas para México, de algunos grupos de alimentos. Como puede observarse, las carnes rojas, incluido el borrego, res, chivo y cerdo, son los alimentos que mayor huella hídrica generan, superando los 20,000 L por kg de producto, al igual que la mantequilla, que supera los 10,000 L por kg. Por el contrario, los alimentos de origen vegetal son los que menor uso de agua requieren, por ejemplo, los vegetales generan una huella hídrica de 471 L por kg, mientras que el azúcar y el pan blanco de harina de trigo refinada generan huellas hídricas por debajo de los 1,300 L por kg (Mekonnen & Hoekstra, 2010a, 2010b).

## **Dimensión economía**

### **Equidad y comercio justo: nivel socioeconómico**

Dentro del modelo de Johnston et al. (2014), el aspecto económico señala la consideración de elementos como el nivel de ingresos, la asequibilidad alimentaria, e incluso la globalización y comercio, así como las políticas alimentarias gubernamentales, incluidos los subsidios. Es reconocido que la economía nacional y mundial tiene impactos sobre los precios en los que son ofertados los alimentos (FAO, 2012), y aunque pueden desarrollarse propuestas para promover el comercio justo y la equidad en el acceso de alimentos, este tipo de temáticas generalmente conciernen a especialistas de la economía (Meybeck & Gitz, 2017). Sin embargo, desde la perspectiva del consumidor y desde la nutrición y el comportamiento alimentario, pueden llevarse a cabo adecuaciones nutricionales con base

en los precios específicos de los alimentos, para configurar dietas saludables y económicamente viables para la población, de acuerdo con sus características socioeconómicas (Allen et al., 2014; Macdiarmid et al., 2012).

Debido a las constantes fluctuaciones de los precios de los alimentos, una meta debería ser enfocarse en perseguir una estrategia de dieta sostenible que abarque tanto la abundancia (precios bajos) como la escasez (precios altos) (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019). Dentro de este elemento, el nivel socioeconómico de la población (Darmon & Drewnowski, 2008) y su gasto en alimentos (Chen et al., 2019) son las principales variables estudiadas con relación a nutrición y dietas sostenibles, ya que estas son identificadas como las principales barreras de consumo, especialmente considerando que existe una tendencia mundial a mayores costos en los alimentos saludables, como frutas y vegetales, mientras que los alimentos ultra-procesados tienden a ser más baratos (Hachem et al., 2020; Lee et al., 2013; Verly-Jr et al., 2020).

Aunque existen otros indicadores más completos para evaluar el nivel socioeconómico de la población, empleados en población mexicana, donde se incorporan bienes patrimoniales, como autos, lavadora, televisor, entre otros (López-Olmedo et al., 2019), por fines de logística, múltiples estudios han decidido incluir variables clave, como el nivel educativo y el ingreso económico (Mullie et al., 2010; Orr et al., 2019), el nivel ocupacional y educativo (Galobardes et al., 2001), o los tres anteriores en conjunto (Lares-Michel et al., 2018).

## Dimensión social y cultural

### Patrimonio cultural y habilidades

En el contexto del patrimonio cultural y habilidades en México, la dieta tradicional mexicana es uno de los elementos más destacables, ya que esta integra aspectos como la diversidad de la dieta y rescata las tradiciones del país. En este sentido, es importante diferenciar entre la dieta tradicional mexicana prehispánica de la milpa y la dieta tradicional mexicana colonizada, rescatando los elementos más importantes para la población de cada una de esta y adaptándolas al contexto actual de la población de México (Almaguer González et al., 2019, 2020; Gálvez Mariscal & Peña Montes, 2015; Guzmán, 2013; Niembro Gaona & Téllez Cuevas, 2012; Romero-Gwynn & Douglas, 1997; Santiago-Torres et al., 2016; Valerino-Perea et al., 2019).

Además, los conocimientos y la educación son elementos de alta importancia en este aspecto en particular, pues estos son algunos de los principales componentes a considerar dentro de programas de intervención que pretendan modificar conductas y orientarlas hacia dietas en específico. Al estar ubicados en este elemento, se hace referencia de la importancia de brindar educación con relación a las tradiciones dietéticas de cada población (Hawkes, 2013; UNESCO, 2010). Por ello, un programa de intervención que pretenda promover el consumo de dietas sostenibles deberá estar

orientado a conservar y adaptar los conocimientos, habilidades y tradiciones mexicanas, en beneficio de la salud y el medio ambiente (Hawkes, 2013; Johnston et al., 2014; UNESCO, 2010).

## Composición de las dietas sostenibles

A nivel internacional se han sugerido cantidades de consumo de diversos grupos de alimentos para la definición de dietas sostenibles. En general, se recomienda un alto consumo de alimentos de origen vegetal, especialmente frutas, vegetales, leguminosas y cereales integrales, así como un bajo o nulo consumo de alimentos ultra-procesados (ver clasificación en Tabla A2.3, Apéndice electrónico 2 [Aguayo-Patrón et al., 2017; Askari et al., 2020]), y de origen animal (Aleksandrowicz et al., 2016; Chen et al., 2019; Macdiarmid et al., 2012; Meltzer et al., 2019; Reinhardt et al., 2020; Tompa et al., 2020; The EAT-Lancet Commission, 2019; Tuomisto, 2019; Willett et al., 2019; Vega Mejía et al., 2018; Vieux et al., 2020). Estas recomendaciones se sintetizan en la Tabla A2.4 (Apéndice electrónico 2) y se contrastan con las sugerencias de consumo propuestas por la Secretaría de Salud (2016) para el contexto de México, que en su mayoría están desalineadas con el contexto de sostenibilidad (Macedo-Ojeda et al., 2016; Rivera Dommarco et al., 2015a; Rivera et al., 2008; Secretaría de Salud, 2016).

## Estrategias para la orientación del comportamiento alimentario hacia dietas sostenibles

La mayoría de las investigaciones que han abordado las dietas sostenibles, parecen haber ignorado que solicitar que las poblaciones modifiquen sus dietas actuales, es pedirles que modifiquen su comportamiento alimentario, pues finalmente, la ingesta de alimentos es una conducta (Jarmul et al., 2020; López-Espinoza & Martínez Moreno, 2012; López-Espinoza et al., 2016). El comportamiento alimentario se define como “todo lo que hacen los organismos para alimentarse” (López-Espinoza & Martínez Moreno, 2012, p. 55) y adicionalmente considera “la conjunción de saberes y conocimientos relacionados con todo lo que hacen los organismos para alimentarse” (López-Espinoza et al., 2018, p. 113). Las conductas se consideran como la unidad funcional del comportamiento alimentario, y estas pueden ser medidas a partir de unidades como la frecuencia, duración, cantidad, entre otras (López-Espinoza et al., 2014).

Debido a la gran cantidad de elementos que incorporan las dietas sostenibles, dentro de estas puede identificarse tensión e incluso contradicciones, cuando se pretenden adaptar a contextos específicos (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019). Además, las características ideales de una dieta sostenible es que esté basada principalmente en plantas, incorporando altas cantidades de vegetales ( $400 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  a  $600 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ). Sin embargo, por cuestiones evolutivas el ser humano tiende a preferir sabores dulces y rechazar los amargos, por lo que se sugiere combinar sabores dulces (frutas) o umami (algas, hongos) con preparaciones de origen vegetal (Schmidt & Mouritsen, 2020). Adicional a este tipo de estrategias, una de las maneras más efectivas



para lograr que una persona o una población se adhiera a un tipo de dieta específica, es por medio de intervenciones nutricionales que incorporen aspectos conductuales, educativos, motivacionales, entre otros (Atkins & Michie, 2015; López-Espinoza et al., 2016; Rigby et al., 2020).

## **Programas de intervención nutricional**

Los programas de intervención, en el contexto nutricional, se definen como los instrumentos utilizados por los profesionales de la nutrición para mejorar el estado nutricional y de salud de las comunidades. Consisten en una secuencia ordenada y sistemática de actividades previstas para su realización a nivel global con toda la población de estudio o con muestras específicas, como población escolar, adolescentes, ancianos institucionalizados, mujeres embarazadas, población de entorno desfavorecido, entre otros (Aranceta Bartrina, 2013a, 2013b, p. 2).

## **Programas de intervención ecológicos**

Los programas de educación ambiental se han empleado como estrategias para incrementar el conocimiento de las personas sobre los impactos medioambientales de sus conductas (North American Association for Environmental Education [NAAEE] / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] [NAAEE/SEMARNAT], 2009). A su vez, este tipo de estrategias pueden ayudar a reducir los impactos medioambientales antropogénicos de las personas involucradas en programas de este tipo (Cincera & Krajhanzl, 2013). Aunque no se ha reportado un programa de intervención tanto de nutrición como medioambiental que tenga como objetivo disminuir indicadores medioambientales, debido al tipo de índices que representan la huella de carbono y huella hídrica, podrían ser herramientas viables para evaluar los efectos de los cambios conductuales sobre el medio ambiente (Espíndola & Valderrama, 2012; Hoekstra et al., 2011).

## **Aproximaciones teóricas para modificación de conductas**

Algunos de los modelos y teorías más empleados en la modificación del comportamiento alimentario han sido el modelo transteórico, el modelo de creencias en salud, la teoría cognitivo conductual y la teoría social cognitiva (Rigby et al., 2020; Spahn et al., 2010). En el contexto medioambiental, la psicología de la conservación ambiental es una aproximación ampliamente usada para evaluar y modificar conductas anti-ambientales (Corral-Verdugo et al., 2019). Esta rama de la psicología integra diversas aproximaciones teóricas, como la teoría del comportamiento planificado (Vermeir & Verbeke, 2008) y el conductismo, los cuales han destacado en este contexto (Corral-Verdugo et al., 2019).

Adicional a los ejemplos anteriores, en 2011 se llevó a cabo un estudio donde se identificaron las limitantes de 19 aproximaciones teóricas referentes al cambio conductual (Michie et al., 2011). Con base en estas limitaciones se propuso un modelo que permitiera llevar a cabo intervenciones de

modificación conductual más efectivas. Esta propuesta fue el modelo de Michie et al. (2011), llamado rueda de cambio de comportamiento y el modelo COM-B que se integra dentro del primero. Este modelo incorporó las limitantes identificadas en aproximaciones teóricas como MINDSPACE, el marco de política ambiental de Reino Unido, el marco de salud pública: cuestiones éticas, entre otros. Generando así un modelo con 7 categorías de políticas, 9 funciones de intervención y 6 fuentes de comportamiento, como se puede observar en la Figura A1.5 (Apéndice electrónico 1) (Michie et al., 2011). Es importante señalar que dentro del marco de este modelo no se diferencia entre comportamiento y conducta, pues en inglés, el término presentado es *behaviour* (Michie et al., 2011).

El modelo COM-B (Figura A1.6, Apéndice electrónico 1), integrado dentro del modelo de cambio de rueda de comportamiento, se compone por tres elementos básicos (capacidad, oportunidad y motivación) que determinan que una conducta se lleve a cabo (Michie et al., 2011). Cada uno de los tres componentes del modelo COM-B cuenta con subdivisiones, las cuales se definen en la Tabla A2.5 en el Apéndice electrónico 2. Adicionalmente, cada uno de los componentes del modelo COM-B se encuentra relacionado con las funciones de políticas y con las funciones de la intervención del modelo de rueda de cambio de comportamiento (Michie et al., 2011). Estas relaciones se muestran en la Tabla A2.6 y A2.7 en el Apéndice electrónico 2.

Los autores de este modelo desarrollaron una guía para diseñar intervenciones, la cual incorpora 3 niveles y 8 pasos de desarrollo que se presentan en la Figura A1.7 (Apéndice electrónico 1). Los niveles engloban: 1) comprender el o los comportamientos, 2) identificar las opciones de intervención y 3) identificar el contenido y las opciones de implementación (Michie et al., 2014).

### **La educación nutricional en la modificación del comportamiento alimentario**

Dentro del modelo de rueda de cambio de comportamiento, específicamente en las funciones de la intervención, se encuentra la educación (Michie et al., 2011). De manera específica, la educación nutricional es una de las herramientas fundamentales en los programas de intervención nutricional (Aranceta Bartrina, 2013a, 2013b, p. 2). Incluso se ha señalado como la mejor estrategia para modificar el comportamiento alimentario (López-Espinoza et al., 2018). Su principal objetivo es lograr que las personas adquieran y emitan el repertorio conductual adecuado para determinar qué, cuánto, cuándo y cómo se come, en relación con cuándo, cuánto y cómo se gasta la energía para mantener o recuperar su bienestar físico (López-Espinoza et al., 2016). La educación nutricional en su sentido más amplio tiene tres componentes: 1) proporcionar información a través de estrategias de comunicación (por ejemplo, campañas de información); 2) proporcionar habilidades que permitan a los consumidores actuar sobre la información proporcionada (p. ej., cocina, cultivo); y 3) proporcionar un entorno alimentario propicio (p. ej., marketing, disponibilidad de alimentos) (Contento, 2008; Hawkes, 2013). La educación nutricional se puede impartir a través de múltiples lugares de diferentes partes interesadas e involucra actividades a nivel individual, institucional, comunitario y de políticas (Hawkes, 2013).

## **Modelo QC7G**

El modelo QC7G (Tabla A2.8, Apéndice electrónico 2) fue diseñado para dirigir la educación nutricional. Dentro del marco de este modelo, los autores definen a la educación en alimentación y nutrición como “Proceso por el que las personas adquieren y emiten el repertorio conductual adecuado, para establecer ¿qué?, ¿cuánto?, ¿cuándo? y ¿cómo? se come, en relación con ¿cuándo?, ¿cuánto? y ¿cómo? se gasta la energía para mantener o recuperar el estado de bienestar” (López-Espinoza et al., 2016, p.8).

### **La persuasión en la modificación del comportamiento alimentario: comunicación de riesgos y beneficios**

Dentro del contexto del modelo de rueda de cambio de comportamiento, la persuasión se define como “usar la comunicación para inducir sentimientos positivos o negativos o estimular la acción” (Michie et al., 2014, p. 111). Dentro de este tipo de comunicación se encuentra la comunicación de riesgos y beneficios, que consiste en informar al individuo en cuestión, las consecuencias inmediatas y a largo plazo que una conducta o suceso puede tener sobre un elemento en particular, y las probabilidades de que estas ocurran. Esta estrategia ha sido ampliamente usada en el contexto de la persuasión para fomentar conductas saludables, como comer adecuadamente y dejar de fumar, o para disminuir los impactos medioambientales antropogénicos (Spiegelhalter, 2017).

El uso de la persuasión en las intervenciones nutricionales o para incrementar la actividad física es creciente (Matthews et al., 2016). En este contexto, se desarrolló el modelo de diseño de sistemas persuasivos. Las características del sistema persuasivo se dividen en cuatro categorías: soporte de tareas principales, que incluye la personalización y auto-monitoreo; soporte de diálogo, que incorpora recompensas y recordatorios; soporte de credibilidad del sistema, que considera experiencia y autoridad; y soporte social, que incluye aprendizaje social, cooperación, competencia y reconocimiento (Oinas-Kukkonen & Harjumaa, 2009). Cabe señalar que dentro de cada categoría del modelo se presentan otros principios, sin embargo, los antes señalados son los que resultan de interés para el presente proyecto.

### **La incentivación y coerción en la modificación del comportamiento alimentario: economía de fichas**

La incentivación, de acuerdo con el modelo de rueda de cambio de comportamiento, corresponde a crear una expectativa de recompensa (Michie et al., 2014, p. 111). Uno de los métodos de incentivación más empleados en la modificación de la conducta alimentaria es la economía de fichas, la cual se considera una forma de moldeamiento de conducta. Este procedimiento incluye el

uso del reforzamiento en el que se obtienen fichas después de emitir una variedad de conductas (Martínez-Moreno et al., 2016).

Corresponde a una técnica específica para incrementar o disminuir la frecuencia de ocurrencia de alguna conducta en particular. La premisa principal de este sistema es que cada ficha cuenta con un valor o puntos específicos, que podrán ser intercambiables por estímulos que resulten interesantes para la persona que se encuentra en proceso de cambio conductual. Estas fichas también pueden ser retiradas del participante, si se presenta una variación indeseable en la conducta. Este último proceso se conoce como costo de respuesta y genera coerción, que posteriormente podría incentivar la conducta objetivo (Martínez-Moreno et al., 2016; Shakespeare et al., 2018).

La técnica de economía de fichas ha sido empleada en múltiples intervenciones para modificación del comportamiento alimentario, y ha demostrado ser útil para incrementar conductas dietéticas saludables, como la ingesta de frutas y vegetales (Luecha, 2011). Adicionalmente, se ha señalado que el empleo de este tipo de técnicas, acompañadas de mensajes educativos, ejercen un mayor efecto en la modificación conductual, con respecto a si únicamente se empleara una técnica de manera aislada (List & Samek, 2015).

## **Otras estrategias conductuales para modificación del comportamiento alimentario: “nudges”, auto-monitoreo, aproximaciones sucesivas y modelado**

Además de las funciones de la intervención establecidas por Michie et al. (2011), el marco de referencia del modelo de rueda de cambio de comportamiento sugiere el uso de otro tipo de técnicas conductuales, que han demostrado ser efectivas en intervenciones nutricionales (Rigby et al., 2020). El auto-monitoreo para la evaluación de la auto-eficacia, así como el uso constante de “*nudges*” (empujones) y el establecimiento de metas y objetivos, han sido algunas de las estrategias psicológicas más empleadas y con mayor efectividad en intervenciones nutricionales (Friis et al., 2017; Spahn et al., 2010). Así mismo, las aproximaciones sucesivas han sido referidas como un método ideal a aplicar en el contexto nutricional (Martínez Moreno et al., 2015, 2016). Esta técnica conductual, también conocida como moldeamiento, está relacionada con el establecimiento de objetivos conductuales (Rigby et al., 2020) y consiste en determinar una conducta objetivo y reconocer cuáles y cuántas respuestas hacen falta para llegar a la meta (o conductas intermedias). En este proceso es importante reforzar la conducta objetivo inmediatamente después de su ejecución. Esta estrategia puede aplicarse de manera adecuada en conjunto con la economía de fichas antes descrita (Martínez Moreno et al., 2015, 2016). Finalmente, el modelado es un proceso de aprendizaje observacional en el que la conducta de un individuo o grupo actúa como un estímulo para generar una conducta, pensamiento o actitudes semejantes en otras personas que observan la actuación del modelo. En nutrición, la

presentación de recetas de cocina por pasos es un ejemplo de modelado (Martínez Moreno et al., 2015, 2016).

## **Las guías alimentarias en la modificación del comportamiento alimentario**

Una de las categorías de políticas del modelo de cambio de rueda de comportamiento, son las guías (Michie et al., 2011). Dentro del marco de este modelo, las guías pueden incorporar desde lineamientos básicos hasta detalladas instrucciones relacionadas con las conductas que se planean modificar (Michie et al., 2011). En el contexto del comportamiento alimentario, las guías alimentarias han sido referidas como las principales herramientas utilizadas para comunicar recomendaciones dietéticas y como parte fundamental de los programas de educación nutricional (Zúñiga Barba et al., 2016).

### **Guías alimentarias sostenibles**

En los últimos años, y debido al creciente reconocimiento de que la alimentación de las personas tiene importantes impactos sobre el medio ambiente, en múltiples regiones del mundo las guías alimentarias se han comenzado a utilizar como medio para comunicar recomendaciones dietéticas con bajos impactos medioambientales (Barilla Center for Food and Nutrition [BCFN], 2016; Fischer & Garnett, 2016; Schwingshackl et al., 2020). A nivel mundial, Alemania, Brasil, Suecia y Qatar han destacado por ser los únicos lugares donde sus guías alimentarias gubernamentales oficiales incluyen a la sostenibilidad entre sus lineamientos (Fischer & Garnett, 2016). En otros lugares como Australia la sostenibilidad también se ha comenzado a discutir. Sin embargo, en países como Estados Unidos, aunque la sostenibilidad de las guías alimentarias se ha discutido por medio de informes de asesoramiento como es el caso del Comité Asesor de Guías Alimentarias (Dietary Guidelines Advisory Committee [DGAC]) de Estados Unidos; el país aún no incorpora tales sugerencias dentro de sus guías vigentes. Por otro lado, en los Países Bajos, Estonia, Reino Unido, Francia y los Países Nórdicos, la sostenibilidad de las guías alimentarias ya se reporta en lineamientos cuasi-oficiales respecto a sus gobiernos (Fischer & Garnett, 2016). Finalmente, en Italia y Reino Unido, se han publicado guías alimentarias que incluyen sostenibilidad, pero no son oficiales en sus gobiernos. Estas guías corresponden a la LiveWell (Reino Unido) y a la Pirámide Doble del Centro Barilla para la Alimentación y Nutrición (BCFN, 2016; Fischer & Garnett, 2016). Esta última guía destaca a nivel internacional por combinar tanto el aspecto nutricional como medioambiental de las recomendaciones dietéticas. Su principal limitante es que la primera versión de esta propuesta no consideraba el contexto específico de cada región del mundo (BCFN, 2016). Sin embargo, en abril de 2021, se publicó una actualización de esta guía alimentaria, donde las recomendaciones dietéticas se dividen por regiones mundiales, por lo que actualmente ya se diseñó una guía específica para América Latina (Figura A1.8, Apéndice

electrónico 1). En ella se consideró la cultura y aspectos económicos de los alimentos disponibles en Argentina, Brasil, Colombia, Perú, Chile y México. Esta nueva guía alimentaria es un paso sumamente importante en el contexto de las dietas sostenibles en México, al ser la primera guía alimentaria sostenible que considera su dieta tradicional. Sin embargo, es importante señalar que incluso dentro de un mismo país, existen amplias variaciones con respecto a los aspectos culturales, como a las cuestiones económicas de los alimentos. Por ello, aún queda importante trabajo por realizar, para poder diseñar una guía alimentaria específica para México y los diferentes contextos que existen dentro del país (Barilla Foundation & Research Unit on Nutrition, Diabetes and Metabolism, University of Naples Federico II, 2021).

## **Guías alimentarias en México**

Las guías alimentarias antes señaladas son excelentes ejemplos de cómo es posible combinar los beneficios para la salud y para el medio ambiente. Sin embargo, las guías alimentarias en México no incluían a la sostenibilidad hasta hace muy poco (Bonvecchio Arenas et al., 2015; DOF, 2013a; Rivera Dommarco et al., 2015a, 2015b). A principios de 2023 se publicaron las guías alimentarias saludables y sostenibles, donde por primera vez en México se comenzó a señalar la importancia de consumir más verduras, frutas, leguminosas, cereales integrales, y pescado en lugar de alimentos ultra-procesados, altos en azúcar, grasas, sal y calorías, debido a su impacto medioambiental, y no solo desde una perspectiva de salud. En estas guías se consideran por primera vez métricas medioambientales como la huella hídrica y de carbono. Además, adicional a considerar al medioambiente y la salud humana, se consideraron el resto de las dimensiones de la sostenibilidad alimentaria (social, económica y cultural). A pesar de que estas guías alimentarias se publicaron una vez que el programa de intervención de esta tesis ya estaba terminado, y se encontraba en medio de la implementación del mismo, su contenido sirvió como un medio de evaluación del programa aquí presentado, y fue posible corroborar que las recomendaciones diseñadas en esta tesis, están alineadas con las recomendaciones del nuevo Plato del Bien Comer Saludable y Sostenible (Secretaría de Salud [SSA], Instituto Nacional de Salud Pública [INSP], Grupo Intersectorial de Salud, Alimentación, Medio Ambiente y Competitividad [GISAMAC], Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF], 2023).

## **Intervenciones nutricionales que han empleado la rueda de cambio de comportamiento**

El modelo de rueda de cambio de comportamiento se ha empleado en intervenciones para promover que pacientes con enfermedades tomen sus medicamentos (Jackson et al., 2014), así como en intervenciones hasta para combatir la obesidad (Tate et al., 2016) o modificar conductas alimentarias (Atkins & Michie, 2015), y de actividad física (Truelove et al., 2020), por ejemplo,

incrementar el consumo de frutas y vegetales (Beleigoli et al., 2019). Así mismo ha sido efectivo para mejorar la adherencia a planes alimenticios (Brain et al., 2019). Adicionalmente, aunque los estudios que han implementado este modelo para la promoción del cuidado del medio ambiente son menores, ya se han comenzado a reportar, especialmente con respecto a la reducción del desperdicio de alimentos (Mattsson, 2020).

## **Intervenciones nutricionales que han empleado aplicaciones móviles**

Dentro de la guía de diseño de intervenciones de Michie et al. (2014), se destaca la importancia de elegir el modo de entrega de la intervención, es decir, si esta se llevará a cabo de manera presencial o digital. En este sentido, las intervenciones nutricionales que se han apoyado en las tecnologías, como las aplicaciones móviles, y que han resultado exitosas, son crecientes (Gabrielli et al., 2017). Su popularidad ha incrementado tanto, que el grupo de investigación que propuso el modelo de rueda de cambio de comportamiento generó una guía para el diseño de intervenciones digitales (West & Michie, 2016). Este tipo de intervenciones se han denominado mHealth o mSalud en español (McCarroll et al., 2017).

Las aplicaciones móviles, además de usarse en el contexto nutricional, han comenzado a emplearse para promover comportamientos sostenibles (Hedin et al., 2019; Pieniak et al., 2016). En el contexto de las intervenciones nutricionales, las aplicaciones móviles permiten el acompañamiento del paciente, y, además, brindan la oportunidad de que el mismo paciente evalúe su auto-eficacia. Así mismo, el profesional de la salud puede monitorear los progresos del paciente de una manera más práctica, y persuadirlos, incentivarlos y enviar mensajes educativos de manera continua (Coughlin et al., 2015; San Mauro Martín et al., 2014; West & Michie, 2016). Sin embargo, aunque el uso de aplicaciones móviles es una nueva corriente que cada vez cobra más relevancia en esta área, actualmente son pocas las aplicaciones cuya efectividad ha sido comprobada en estudios nutricionales. Además, se ha señalado la necesidad de desarrollar una aplicación con más calidad, con relación a las que se encuentran disponibles actualmente (Coughlin et al., 2015; San Mauro Martín et al., 2014).

## **Aplicaciones móviles nutricionales**

Hasta el momento, y hasta el conocimiento del presente proyecto de tesis, no se encuentra disponible ninguna aplicación diseñada para llevar a cabo intervenciones nutricionales sostenibles. Sin embargo, a nivel internacional existen algunas aplicaciones móviles que fueron diseñadas para promover la adherencia a planes alimenticios específicos o para brindar educación nutricional (Gabrielli et al., 2017). De entre estas, destacan la aplicación Calorie Counter & Diet Tracker, también conocida como MyFitnessPal; la aplicación Calories Counter (FatSecret), MyDietCoach (InspiredApps) y

LifeSum (Ferrara et al., 2019). A pesar de que estas aplicaciones cuentan con amplia funcionalidad, su efecto sobre los hábitos alimentarios o indicadores biológicos de poblaciones específicas no ha sido reportado. Algunas de las aplicaciones cuya efectividad ha sido probada, son la aplicación TreC-LifeStyle (Gabrielli et al., 2017; Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], 2021) y My plate (Brown et al., 2014), que demostraron que integrar educación nutricional, economía de fichas y mensajes de texto es útil para modificar conductas dietéticas, como incrementar el consumo de frutas y vegetales (Brown et al., 2014).

## **Aplicaciones móviles nutricionales que consideran a la sostenibilidad**

A pesar de los importantes aportes generados por las aplicaciones antes descritas, ninguna de estas fue diseñada para promover el consumo de dietas sostenibles. En el contexto de la sostenibilidad, se han generado aplicaciones para evaluar las actitudes de consumidores jóvenes, con respecto al seguimiento de dietas sostenibles, y analizar la factibilidad de que esta población pueda orientar sus dietas hacia unas más sostenibles (Pieniak et al., 2016). Así mismo, se han diseñado otras orientadas, principalmente, a reducir el desperdicio de alimentos en la dieta, un elemento que también puede englobarse en la sostenibilidad (Hedin et al., 2019). Sin embargo, hasta el momento no se ha reportado ninguna aplicación móvil que permita el monitoreo de pacientes que se encuentren en un programa de intervención cuyo objetivo sea lograr adherencia hacia una dieta sostenible, y mucho menos, que incorpore el aspecto medioambiental de la educación nutricional, y comunique los riesgos de una dieta inadecuada y los beneficios de una dieta sostenible, tanto para la salud como para el medioambiente.

## **Diseño de intervenciones nutricionales: proceso de atención nutricia**

El modelo del proceso de atención nutricia tiene el objetivo de estandarizar la práctica de la nutrición, tanto a nivel individual, como poblacional. Se define como un método sistemático diseñado para resolver problemas, que los profesionales de la dietética y/o nutrición, pueden utilizar para pensar críticamente y tomar decisiones adecuadas que les permitan dar solución a los problemas nutricionales planteados, brindando en todo momento una atención nutricional de calidad, segura y eficaz. El proceso de atención nutricia consta de cuatro pasos, distintos pero interrelacionados: 1) Evaluación nutricional, 2) Diagnóstico nutricional, 3) Intervención nutricional y 4) Monitoreo y evaluación nutricional (Lacey & Pritchett, 2003; Swan et al., 2017). En la Figura A1.9 en el Apéndice electrónico 1 se muestra la versión más actualizada de este modelo.



## Intervenciones dietéticas que consideran la sostenibilidad

Actualmente hay un grupo creciente de consumidores para quienes la sostenibilidad ambiental se ha convertido en una señal necesaria al momento de adquirir sus alimentos, mientras que, para otros segmentos de consumidores, la sostenibilidad ambiental pasa a segundo plano al momento de efectuar decisiones alimenticias (Hoogland et al., 2007; Pérez-Cueto, 2015; Schleenbecker & Hamm, 2013). Hoy en día son prácticamente nulos los estudios experimentales en poblaciones en contextos de vida cotidiana, que además de intentar mejorar la salud y estado nutricional de la población, intentan disminuir el impacto medioambiental de las dietas. La mayoría de los estudios relacionados a estos aspectos se han centrado en llevar a cabo análisis bajos escenarios hipotéticos (Chen et al., 2019) o diagnósticos poblacionales (Fresán et al., 2018; Fresán et al., 2020). El único estudio que ha evaluado la efectividad de un programa de intervención de educación nutricional sobre indicadores medioambientales, es el de Grasso et al. (2020). Sin embargo, a pesar de que en la investigación se logró incrementar el consumo de algunos alimentos saludables, el uso de combustibles fósiles incrementó 1.5 L y no identificaron diferencias en la EGEI, uso de suelo y puntaje del índice medioambiental pReCiPe (un indicador medioambiental que conjunta diversos impactos al ambiente). Por lo que estos autores comprobaron que un cambio hacia una dieta de estilo mediterráneo más saludable no necesariamente reduce el impacto ambiental asociado a la dieta en un entorno de la vida real. Sin embargo, desde la perspectiva conductual y nutricional, es posible identificar importantes limitantes en este estudio, que muy probablemente son algunas de las razones por las cuales el estudio no tuvo éxito con respecto a la disminución del impacto medioambiental de las dietas. En primer lugar, es importante considerar que el objetivo central del estudio no fue disminuir el impacto medioambiental de las dietas, sino modificar la dieta hacia una más saludable y controlar la depresión de los pacientes. Por ello, no se implementaron estrategias para comunicar los impactos medioambientales del consumo de alimentos en particular. Otra de las limitantes es que el seguimiento de los pacientes se llevó a cabo de manera periódica, y sin emplear herramientas de apoyo para el monitoreo constante de los participantes (Grasso et al., 2020).

## Aproximación Psico-Nutricional-Sostenible

La Psico-Nutrición-Sostenible se propone como una aproximación basada en la ciencia del comportamiento que integra los aspectos psicológicos, sociales, culturales, económicos, nutricionales y medioambientales del comportamiento alimentario, cuyo objetivo es generar las bases necesarias para llevar a cabo intervenciones de modificación conductual, a fin de orientar el comportamiento alimentario de la población, hacia comportamientos alimentarios sostenibles. Con esta aproximación se pretende que las personas adquieran y emitan el repertorio conductual adecuado para determinar qué, cuánto, cuándo y cómo se come, en relación con cuándo, cuánto y cómo se gasta la energía para mantener o recuperar su bienestar físico, considerando en todo momento el impacto medioambiental de sus conductas y seleccionando los alimentos más sostenibles, tanto en relación al medioambiente,

como a la cultura, economía, preferencias, seguridad alimentaria, salud, nutrición, entre otros factores (FAO/OMS, 2019; López-Espinoza et al., 2016).

# PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

# Propuesta de investigación

El cambio de dieta de tradicional a occidental propiciado por la transición nutricional, no solo ha generado prevalencias de más del 75% en alteraciones metabólicas (obesidad, diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares, dislipidemias) y en la microbiota intestinal de la población mexicana (Chávez-Carbajal et al., 2019; ENSANUT, 2018; Ortiz-Hernández et al., 2006), sino que también ha generado que la huella hídrica y de carbono de su dieta sean unas de las más altas a nivel mundial con más de 8,000 L p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> (Lares-Michel et al., 2021) y 6.01 Kg CO<sup>2</sup>eq p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> (Magkos et al., 2020), respectivamente. Esto se vincula con el agravamiento del cambio climático y con la crisis de agua actual por la cual atraviesa el país, que afecta al 85% del territorio y se ha referido como la peor sequía de agua de la historia, afectando el abastecimiento de agua de millones de mexicanos (Godinez Madrigal et al., 2018; NASA, 2021).

Una de las propuestas para la solución en conjunto de estas problemáticas ha sido la adopción de dietas sostenibles y territoriales (FAO, 2010, 2012, 2019; Hachem et al., 2020), que en México podría llevarse a cabo por medio de la recuperación de la dieta tradicional, tanto prehispánica como colonizada, las cuales, preparadas con técnicas culinarias bajas en grasa y con bajo contenido de productos animales, pueden considerarse opciones adecuadas desde una perspectiva nutricional, cultural, económica y medioambiental, dimensiones que deben estar presentes para que una dieta pueda ser considerada sostenible (Almaguer González et al., 2019, 2020; Gálvez Mariscal & Peña Montes, 2015; Guzmán, 2013; Harris, 2005; Ortiz-Hernández et al., 2006; Tello et al., 2020; Valerino-Perea et al., 2019).

Sin embargo, para lograr la adopción de una dieta en particular, es necesario modificar el comportamiento alimentario de la población (López-Espinoza et al., 2014, 2016). Para modificar tanto conductas dietéticas como anti-ambientales en una población, existen múltiples estrategias, entre las cuales han destacado los programas de intervención (NAAEE/SEMARNAT, 2009; Vijayapushpam et al., 2009). No obstante, hasta el momento y tanto a nivel nacional como internacional, no se ha reportado un programa de intervención cuyo objetivo sea promover tanto una alimentación adecuada para mejorar la salud, como disminuir el impacto medioambiental de las conductas dietéticas. Esto respetando aspectos culturales, sociales, económicos y psicológicos de la población. Para poder proponer un programa de este tipo, primero es importante cuestionarse ¿cómo debe diseñarse un programa de intervención que incluya aspectos psicológicos, nutricionales y de sostenibilidad para que sea viable de aplicar en población mexicana, y qué elementos debe integrar? Siguiendo la guía para diseñar intervenciones del modelo de rueda de cambio de comportamiento (Michie et al., 2014), sería necesario considerar las principales conductas alimentarias insostenibles identificadas en la población mexicana y seleccionar la modificación que se debería realizar. En este sentido, aunque la evidencia actual sugiere la necesidad de incrementar el consumo de alimentos de origen vegetal y disminuir el consumo de alimentos ultra-procesados, así como incrementar la realización de actividad física

(ENSANUT, 2018), actualmente se necesitan estudios de evaluación y diagnóstico específicos que permitan identificar los alimentos que mayor atención requieren para su modificación. Así mismo, se necesita conocer el estado nutricional actual de la población en cuestión, así como su impacto medioambiental, para así poder diseñar una intervención apropiada (ENSANUT, 2018; López-Espinoza et al., 2016; Rivera et al., 2016).

Una vez establecidas las principales conductas a intervenir en una población específica, es necesario cuestionarse ¿qué estrategias conductuales y dietéticas pueden ser efectivas en la modificación conductual hacia patrones dietéticos sostenibles? Aunque seleccionar técnicas de modificación conductual es un proceso complejo y que debe individualizarse, aquellas que han demostrado tener efectos generalizados en la mayoría de la población intervenida son la economía de fichas (Martínez-Moreno et al., 2016), la comunicación de riesgos y beneficios (Spiegelhalter, 2017), los “*nudges*” (Friis et al., 2017), el auto-monitoreo, el establecimiento de metas y objetivos (Rigby et al., 2020; Spahn et al., 2010), así como las aproximaciones sucesivas (Martínez Moreno et al., 2015).

Además de estas técnicas, el modelo de rueda de cambio de comportamiento establece funciones de intervención y categorías de políticas que deben ser seleccionadas de acuerdo con los objetivos y el contexto del programa de intervención a diseñar. En este sentido, surge el cuestionamiento ¿cuáles funciones de intervención y categorías de políticas son las más apropiadas para modificar conductas dietéticas insostenibles en México? En el contexto de las dietas sostenibles, las guías en particular son un elemento clave, pues es por medio de estas que se transmiten las recomendaciones dietéticas, y recientemente se ha comenzado a incluir a la sostenibilidad (Barilla Foundation & Research Unit on Nutrition, Diabetes and Metabolism, University of Naples Federico II, 2021; BCFN, 2016; Fischer & Garnett, 2016). Adicionalmente, su uso en el contexto del comportamiento alimentario es ampliamente recomendado, especialmente para modificar conductas dietéticas (Zúñiga Barba et al., 2016); y en México es necesario y urgente el desarrollo de una guía alimentaria sostenible.

Con respecto a las funciones de intervención, aunque las opciones a seleccionar son más amplias, existen cuatro que han resultado ser particularmente útiles en el contexto de la modificación de conductas dietéticas y anti-ambientales, y que están particularmente vinculadas con las guías. Estas corresponden a la educación, persuasión, incentivación y coerción, las cuales han sido reiteradas como funciones adecuadas y con alta efectividad en el contexto de la modificación conductual (Boyes & Stanisstreet, 2012; Corral-Verdugo et al., 2019; Friis et al., 2017; López-Espinoza et al., 2016; Martínez-Moreno et al., 2016; Matthews et al., 2016; McGuire, 2015; Rigby et al., 2020; Spahn et al., 2010; Spiegelhalter, 2017).

Ahora bien, una vez determinadas las variables a abordar en un programa de intervención que considere aspectos psicológicos, nutricionales y de sostenibilidad para el contexto de México, así como el modelo ideal para diseñarlo, surge uno de los cuestionamientos más importantes cuando se diseña un programa de este tipo ¿puede un programa de intervención que considere la psicología, nutrición

y sostenibilidad disminuir la huella hídrica y de carbono del patrón dietético de la población mexicana, así como mejorar sus niveles plasmáticos de biomarcadores metabólicos y microbiota intestinal y tener efectos positivos sobre su composición corporal e indicadores clínicos? Responder a este cuestionamiento es una tarea compleja, especialmente si se considera que hay evidencia desalentadora en el contexto de las intervenciones nutricionales, pues si estas fueran completamente efectivas, quizás hoy en día no habría sobrepeso ni obesidad (Temple & Fraser, 2014; Turner et al., 2014; Spiegelhalter, 2017). Sin embargo, no toda la evidencia es negativa, y de hecho se ha comprobado que este tipo de programas, basados en la comunicación de riesgo, pueden disminuir el consumo de alimentos específicos de la población (Beltrán-Cortes et al., 2019). No obstante, la conclusión más importante en el contexto de modificación conductual es que el empleo de estrategias en conjunto es más efectivo que el uso de una sola. Algunas intervenciones que han alcanzado el 100% de efectividad han reportado el uso de hasta 11 técnicas conductuales en conjunto (Ashton et al., 2019; Jackson et al., 2014). Además, la base fundamental de este tipo de intervenciones será la habilidad del profesional de salud para desarrollar la intervención, y abordarla desde una perspectiva multidisciplinaria e interesante para la población a intervenir (López-Espinoza et al., 2016; Murray et al., 2015). Adicionalmente, el apoyo en tecnologías como las aplicaciones móviles ha mostrado mejorar la efectividad de intervenciones tanto nutricionales (Gabrielli et al., 2017; West & Michie, 2016) como orientadas a la sostenibilidad (Hedin et al., 2019; Pieniak et al., 2016).

Con base en lo expuesto anteriormente y para poder responder a la pregunta de investigación planteada, se realizó un estudio donde se diseñó un Programa de Intervención Psico-Nutricional-Sostenible de tres etapas, basado en la guía para diseñar intervenciones del modelo de rueda de cambio de comportamiento (Michie et al., 2014), que incluyó elementos tanto nutricionales como de sostenibilidad, en el sentido de considerar conductas dietéticas insostenibles de la población mexicana, además de tomar en cuenta sus aspectos sociales, culturales y económicos. Adicional a estos ejes, la base de los programas de intervención de modificación conductual es la psicología. Por lo que se diseñó un programa de intervención psico-nutricional-sostenible, cuyo objetivo fue promover la adherencia de la población a dietas sostenibles. Pero, además, se evaluó su efecto sobre indicadores medioambientales, biomarcadores metabólicos, y la microbiota intestinal, así como aspectos clínicos y de composición corporal en población mexicana.

Al realizar esta investigación, se generó la primera aproximación teórica-metodológica de la educación nutricional-sostenible, de las dietas sostenibles en México y del término psico-nutrición-sostenible. Además, se generó la primera caracterización de la microbiota intestinal asociada a una dieta sostenible, y se desarrolló la primera base para que los sectores de salud, nutrición y medio ambiente del país cuenten con las herramientas y evidencia para lograr que la combinación de la salud y el cuidado del medio ambiente en México sea posible, contribuyendo a una transición alimentaria sostenible para el país (Belahsen, 2014; Bodirsky et al., 2020; Galli et al., 2020).

# OBJETIVOS

# Objetivos

## Objetivo general

Diseñar un programa de intervención psico-nutricional-sostenible y evaluar su efecto sobre la huella hídrica y de carbono, biomarcadores metabólicos y microbiota intestinal en población mexicana.

## Objetivos específicos

### Etapa 1

1.1 Evaluar y diagnosticar la situación nutricional y medioambiental de población de Jalisco, México.

1.2 Calcular los aspectos de sostenibilidad de los principales alimentos consumidos en México, a través de análisis de composición nutricional (salud y nutrición), huella hídrica y huella de carbono (medio ambiente), precio (economía) y origen del alimento (cultura y sociedad).

1.3 Diseñar material educativo (guía alimentaria, talleres educativos, y planes alimenticios), para población mexicana, programado en una aplicación móvil, empleando técnicas de modificación conductual.

### Etapa 2

2.1 Evaluar en tres puntos de corte a población mexicana experimental y control del Sur de Jalisco, con respecto a indicadores Antropométricos, Bioquímicos, Clínicos, Dietéticos, Medioambientales, de Nivel socioeconómico, Conocimientos nutricionales-sostenibles, aspectos Conductuales y de Actividad física (variables ABCD-MNCCA descritas en metodología).

2.2 Intervenir a la población experimental empleando talleres educativos, y prescribiendo planes alimenticios sostenibles individualizados, por medio de la aplicación móvil utilizada.

### Etapa 3

3.1 Evaluar la adherencia de la población experimental al programa psico-nutricional-sostenible prescrito.

3.2 Analizar el efecto del programa psico-nutricional-sostenible prescrito sobre las variables ABCD-MNCCA, de una muestra de población mexicana del Sur de Jalisco.



# METODOLOGÍA

**Metodología**

**ETAPA 1**

**Diagnóstico y desarrollo de la intervención**

## Diagnóstico nutricional y medioambiental de la población

Para identificar la situación nutricional y medioambiental de la población de Jalisco, México, y así poder diseñar una intervención específica, se desarrollaron dos estudios transversales, donde se evaluó el estado nutricional, ingesta dietética y energética de la población, así como su impacto medio ambiental, especialmente referente a la huella hídrica. A continuación, se describe cada uno de estos estudios.

### Evaluación y diagnóstico 1

#### Participantes

Se realizó un estudio transversal cuantitativo en una muestra representativa de Jalisco, México. Se evaluó a un total de 509 voluntarios adultos entre 18 y 74 años de ambos sexos. El 38% fueron hombres ( $n = 194$ ) hombres y 62% ( $n = 315$ ) mujeres. Sin embargo, al identificar a informantes de ingesta energética subestimada, siguiendo el método de Huang et al. (2005) y Howarth et al. (2007), se consideró una muestra de 395 participantes, de los cuales 141 fueron hombres (36%) y 254 mujeres (64%) que resultó ser representativa de Jalisco, de acuerdo con la fórmula mostrada en el apéndice electrónico 3.1. La recolección de datos se llevó a cabo en cuatro áreas urbanas de Jalisco, México. Los participantes asistieron a consulta nutricional en Guadalajara, Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga y Zapotlán el Grande en el Sur de Jalisco.

#### Evaluación nutricional y antropométrica

Los datos de composición corporal relacionados con la adiposidad, el peso corporal, el porcentaje de grasa corporal y la grasa visceral se midieron con un equipo especializado de impedancia bioeléctrica (Omron® HBF-511T-E/HBF-511B-E). También se midieron las circunferencias de la cintura y las caderas con una cinta métrica de metal marca Lufkin®. La circunferencia de la cintura se midió en el punto medio entre la costilla inferior y la cresta ilíaca, al final de una espiración normal. La circunferencia de las caderas se midió en la parte más prominente de las caderas. Con base en las circunferencias de la cintura y las caderas, se calculó la relación cintura-cadera dividiendo la medición de la cintura entre la de la cadera. La altura se midió con un estadímetro de aluminio ionizado Smartmet®. Todas las mediciones fueron realizadas por nutriólogos certificados siguiendo las técnicas de Suverza y Haua (2010).

Basado en la altura y el peso, el IMC se calculó dividiendo el peso corporal (en kilogramos [kg]) entre la altura al cuadrado (en centímetros [cm]). Este indicador fue normalizado por edad en adultos mayores de 60 años. Para el análisis de la muestra, la adiposidad se clasificó como normal o excesiva utilizando la clasificación de la OMS (2004, 2018) para el IMC, ya que ha sido el indicador más utilizado en estudios epidemiológicos y en estudios que evalúan el impacto ambiental de las dietas en individuos (Serafini & Toti, 2016). Los individuos con un IMC  $< 25$  se consideraron con adiposidad normal. Las personas con un IMC  $\geq 25$  se clasificaron en el grupo de adiposidad excesiva. En adultos

mayores de 60 años, el grupo de adiposidad excesiva estuvo compuesto por aquellas personas con un IMC superior a 28. Los adultos con  $IMC \leq 18.5$  y los adultos mayores con un  $IMC \leq 23$  se incluyeron en el grupo de adiposidad normal. Dado que el IMC es una relación entre el peso y la altura y no identifica directamente los niveles de adiposidad, este índice se asoció con el porcentaje de grasa corporal, la circunferencia de la cintura, la grasa visceral y la relación cintura-cadera (Romieu et al., 2017).

## Evaluación de la ingesta dietética y calórica

Se aplicó un Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos (CFCA) validado para la población mexicana (Macedo-Ojeda et al., 2013), en consulta nutricional mediante una entrevista en dos áreas residenciales en Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga. La recolección de datos a través de consultas nutricionales también se llevó a cabo en el Laboratorio de Antropometría del Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN) en Zapotlán el Grande y en una dependencia gubernamental de Guadalajara, donde se brindó evaluación nutricional al personal laboral. El CFCA incluyó 162 ítems, que fueron subdivididos en 184 alimentos para un análisis más detallado (apéndice electrónico 3.2). El promedio de gramos de consumo de alimentos se calculó a partir de la frecuencia de consumo de las raciones establecidas en el CFCA. Las cantidades se dividieron o multiplicaron dependiendo el caso. La ingesta calórica se calculó con el uso de tablas de composición de alimentos mexicanas (Pérez-Lizaur et al., 2014). Para la recolección de datos, se utilizaron réplicas de alimentos, imágenes de porciones de alimentos, tazas de medir y cucharas medidoras.

## Cálculo de la huella hídrica

Para evaluar la huella hídrica de la dieta, se empleó la metodología propuesta por Lares-Michel et al. (2021), que sigue la metodología huella hídrica (Hoekstra et al., 2011). Por lo tanto, se siguieron los tres pasos básicos para el cálculo de la huella hídrica dietética: 1) evaluar la dieta a través de un cuestionario validado a nivel nacional, el cual fue aplicado por expertos en nutrición; 2) la huella hídrica de cada alimento se calculó empleando bases de datos específicas de huella hídrica por país/estado. En consecuencia, se utilizaron las tablas para Jalisco (área de estudio) para cultivos (Mekonnen & Hoekstra, 2010b) y las bases de datos nacionales de México para ganadería (Mekonnen & Hoekstra, 2010a). En caso de que no hubiera datos disponibles para México, se utilizaron tablas internacionales (Mekonnen & Hoekstra, 2011, 2012). En todos los cálculos se aplicaron los factores de corrección correspondientes, para convertir los alimentos cocidos y procesados (es decir, pelados, sin semillas) a alimentos crudos y/o no procesados. Además, se contabilizó el agua involucrada en la cocción y el lavado de los alimentos (Lares-Michel et al., 2021); 3) se calculó la huella hídrica de platillos con múltiples ingredientes utilizando tablas reportadas para México o calculando ingredientes a través de entrevistas durante la aplicación del CFCA o revisando etiquetas nutricionales (Lares-Michel et al.,

2021). La huella hídrica se calculó específicamente por persona por día ( $L p^{-1}d^{-1}$ ) según lo definido en el Estándar Global de huella hídrica. La huella hídrica total se consideró como la suma de la huella hídrica verde, azul y gris (Hoekstra et al., 2011).

Los alimentos se clasificaron en 22 grupos de acuerdo con su composición nutricional o huella hídrica. Los alimentos de origen animal se clasificaron con mayor precisión según la huella hídrica. Estos alimentos incluyeron leche y yogur, quesos, huevos, pollo, carne de res, cerdo, carnes procesadas, borrego y pescado y mariscos. Los de origen vegetal se clasificaron según el sistema de equivalentes alimentarios mexicanos, que es la base de las guías alimentarias en México para la clasificación de alimentos (Pérez-Lizaur et al., 2014). Esta categoría incluyó vegetales, frutas y legumbres, así como cereales, que a su vez se clasificaron como cereales con grasa y sin grasa. Los primeros incluyeron cereales que comparten una composición nutricional similar, como tortillas de maíz, arroz, pan de trigo, avena, pasta y tubérculos como papas. La clasificación de cereales con grasa incluyó cereales industrializados a los que se les agrega grasa o, en ciertos casos, azúcares. Por ejemplo, pizza, galletas y pasteles. Esta clasificación del sistema de equivalentes alimentarios mexicanos también incluye tubérculos grasos, como papas fritas y chips (Pérez-Lizaur et al., 2014).

En cuanto a las grasas, se clasificaron en grasas o aceites con y sin proteína según Pérez et al. (2014). Las grasas proteicas o aceites con proteína incluyeron nueces, almendras, cacahuates, entre otros. En el caso de aceites sin proteína, se incluyeron aceites de diferentes tipos, como aceite de oliva, maíz, girasol y cártamo. Esta categoría también incluyó grasas vegetales como el aguacate. Los azúcares se clasificaron en azúcares con y sin grasa. Los sin grasa correspondieron a azúcar, dulces y miel, entre otros. Dentro de los azúcares con grasa se encontraron los alimentos que contienen grandes cantidades de azúcares y también grasas, como helados y chocolates, que además de compartir una composición nutricional similar, comparten una huella hídrica similar, ya que sus ingredientes tienden a ser similares. Los jugos de frutas naturales e industrializados, así como el café y té, refrescos y bebidas alcohólicas se consideraron como grupos separados, de acuerdo con su huella hídrica (Lares-Michel et al., 2021). La clasificación detallada de los grupos de alimentos se muestra en el apéndice electrónico 3.2.

## **Análisis estadísticos**

La distribución de los datos se verificó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las diferencias entre grupos se analizaron con la prueba U de Mann-Whitney. Se realizaron modelos de regresión lineal simple y múltiple para analizar la asociación entre la ingesta calórica y los indicadores de adiposidad con la huella hídrica dietética individual. Adicionalmente, se realizaron correlaciones de Spearman entre la huella hídrica y los índices de adiposidad. Para identificar riesgos y factores protectores con respecto al consumo de alimentos se consideraron recomendaciones dietéticas establecidas para México (Macedo-Ojeda et al., 2016; Rivera Dommarco et al., 2015a). En el caso de la obesidad, para identificar factores de riesgo y factores protectores, se clasificó a la población de

acuerdo con su IMC asociado a sus niveles de adiposidad, de acuerdo con sus porcentajes de grasa corporal, grasa visceral, circunferencia de cintura e índice cintura cadera (OMS, 2004, 2018).

Para el análisis de riesgo del gasto de agua, se revisó la huella hídrica de las dietas saludables reportadas en diferentes países/regiones, con el fin de establecer una huella hídrica promedio como punto de comparación. A través de una búsqueda en la literatura, se identificaron siete dietas saludables para las cuales se ha calculado su huella hídrica. Estas incluyeron dietas saludables en general, saludables con inclusión de carne, saludables vegetarianas y saludables pesco-vegetarianas; también se incluyeron dietas vegetarianas y pesco-vegetarianas, así como la dieta mediterránea (Vanham, 2013a, 2013b, 2016a, 2016b; Germani et al., 2014). Las dietas seleccionadas presentaron un rango de 1,976 L p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> a 4,017 L p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>. La huella hídrica promedio de estas dietas saludables fue de 2,714 L p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>, lo cual se definió como punto de corte para determinar la población expuesta y no expuesta en el análisis de Odds Ratio. Dado que la mayoría de los estudios disponibles solo han reportado huella hídrica verde y azul, la huella hídrica gris se excluyó de este análisis. Los análisis se llevaron a cabo en el paquete de software estadístico STATA (versión 12.0).

### **Consideraciones éticas**

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Guadalajara CEICUC (número de registro CEICUC-PGE-004). Asimismo, se siguieron los principios de la declaración de Helsinki, y todos los participantes fueron adultos que firmaron un consentimiento informado antes de ser incluidos en el estudio.

## Evaluación y diagnóstico 2

### Participantes

Se realizó un segundo estudio transversal cuantitativo en una muestra representativa de Jalisco, México. Específicamente, la segunda evaluación y diagnóstico se llevó a cabo en la Zona Metropolitana de Guadalajara, ya que es una de las regiones más representativas de México desde una perspectiva urbana, en el contexto de la transición nutricional (Alatorre-Rodríguez, 2013; Popkin, 1993, 2001). Esta zona también ha registrado altas tasas de sobrepeso y obesidad (ENSANUT, 2018), y se ha utilizado como área representativa de los problemas de obesidad en México en otros estudios nutricionales (Davis et al., 2017). Se calculó una muestra representativa de la Zona Metropolitana de Guadalajara empleando la fórmula que se muestra en el apéndice electrónico 4.1. El tamaño muestral resultó en un mínimo de 385 participantes. Sin embargo, se reclutó un 10% más de participantes por posibles pérdidas, y, además, para proporcionar información más precisa sobre la ingesta dietética, se identificaron a los sub-reportadores de ingesta energética empleando el método propuesto por Huang et al. (2005) y Howarth et al. (2007). En este sentido, se comparó la ingesta reportada con los requerimientos energéticos predichos calculados usando la fórmula de Harris y Benedict. Finalmente, se integró a un total de 400 adultos entre 18 y 74 años de ambos sexos. El 45.25% fueron hombres (n = 181) y el 54.75%, mujeres (n = 219).

### Características socioeconómicas, demográficas y de actividad física

El nivel educativo se evaluó de acuerdo con la clasificación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2012). El nivel de ocupación según las categorías del INEGI se agrupó con base en la clasificación de bajo, medio y alto de Lares-Michel et al. (2018). El ingreso mensual se clasificó de acuerdo con los rangos establecidos por la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado (AMAI, 2018). En cuanto a la actividad física, se evaluó el tipo, la frecuencia, la duración y la intensidad, y el nivel específico se clasificó según el Cuestionario Internacional de Actividad Física (International Physical Activity Questionnaire [IPAQ], 2016). Asimismo, se preguntó sobre el padecimiento de patologías.

### Evaluación nutricional

El estado nutricional se evaluó con base al IMC, la composición corporal, y las circunferencias de cintura y cadera. El peso corporal, el porcentaje de grasa corporal y la masa muscular, así como la grasa visceral, se midieron con equipo especializado de impedancia bioeléctrica (Omron® HBF-511T-E/HBF-511B-E). Las circunferencias de cintura y cadera se midieron con una cinta metálica marca Lufkin®. Todas las medidas se realizaron por nutriólogos certificados siguiendo las técnicas de Suverza y Haua (2010). En cuanto a la circunferencia de la cintura, se midió en el punto medio entre la costilla inferior y la cresta ilíaca, al final de una expiración normal. La circunferencia de la cadera se

midió en la parte más prominente de las caderas. La altura se midió con un estadímetro de aluminio ionizado Smartmet®. El IMC se calculó dividiendo el peso corporal (en kilogramos [kg]) entre la altura al cuadrado (en centímetros [cm]). Como lo sugiere la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004), los datos de IMC se normalizaron por edad en adultos mayores de 60 años. Para este indicador, el diagnóstico nutricional se clasificó usando la clasificación de la OMS (2018) para adultos y la de la OMS (2004) para adultos mayores. El porcentaje de grasa corporal se clasificó según el sexo y considerando las clasificaciones de Pi-Sunyer (2001). La masa muscular y la grasa visceral se clasificaron de acuerdo con el manual del equipo de impedancia bioeléctrica. La circunferencia de la cintura se clasificó utilizando la clasificación del Diario Oficial de la Federación (DOF, 2013a).

## **Evaluación dietética**

La dieta actual de la población mexicana es compleja de evaluar ya que incorpora no solo alimentos de origen mexicano sino también alimentos occidentales. Por lo tanto, el CFCA empleado en el estudio 1 (Macedo-Ojeda et al., 2013) fue adaptado. La adaptación se realizó con base en el estudio de Lares-Michel et al. (2021), donde se analizaron los componentes de la dieta mexicana. El CFCA original incluye 162 ítems, pero después de la adaptación, se incluyeron un total de 245 alimentos (apéndice electrónico 4.2). El cuestionario fue administrado por nutriólogos capacitados a través de entrevistas (no por auto-reporte), para minimizar errores en la estimación de porciones y frecuencia de consumo. Para calcular la ingesta de alimentos en gramos, se dividió o multiplicó la porción reportada, según la frecuencia de consumo. La ingesta calórica y de nutrientes se calculó usando tablas de composición de alimentos mexicanas (Pérez-Lizaur et al., 2014). Se utilizaron réplicas de alimentos, imágenes de porciones de alimentos, tazas y cucharas medidoras para la recolección de datos.

## **Cálculo de la huella hídrica**

La huella hídrica dietética se calculó siguiendo la metodología propuesta por Lares-Michel et al. (2021), que se basa en el método de evaluación huella hídrica (Hoekstra et al., 2011). Las cuantificaciones se enfocaron en la contabilización de agua, para estimar el agua incorporada en cada uno de los alimentos del CFCA, considerando sus ingredientes, manera de preparación, cocción, lavado, y pelado (Blas et al., 2016; Lares-Michel et al. 2021). En este estudio también se emplearon los tres pasos básicos de cálculo de huella hídrica para México y en general, se emplearon las mismas bases de datos y protocolo de la evaluación y diagnóstico 1 (Lares-Michel et al. 2021).

## **Clasificación de grupos de alimentos**

La clasificación de grupos de alimentos de los ítems del CFCA adaptado fue similar a la generada en la evaluación y diagnóstico 1. En total se generaron 22 grupos, cuya clasificación se detalla en elapéndice electrónico 4.2. Algunos grupos se modificaron de acuerdo con su papel en el



contexto de la transición nutricional. Por ejemplo, en el estudio 2 se agregaron los grupos de comida mexicana y rápida. Adicionalmente, se generó un grupo exclusivo para bebidas mexicanas de acuerdo con su composición nutricional. También se incluyeron bebidas alcohólicas, así como suplementos y condimentos. En este último grupo, se incluyeron especias, edulcorantes no calóricos, refrescos sin azúcar y suplementos proteicos, entre otros. Los grupos de alimentos que se clasificaron según su huella hídrica e incluyeron leche, yogur y queso, aves y huevos, carne de res, cerdo, borrego, cabra y vísceras, carnes procesadas y pescado y mariscos.

## Adecuación de nutrientes

La adecuación del consumo de energía se realizó mediante el cálculo de los requerimientos de ingesta de energía de forma individualizada, según sexo, edad, peso y altura utilizando la fórmula de Harris Benedict (Pérez-Lizaur & García-Campos, 2014). La adecuación de macronutrientes y micronutrientes se realizó con respecto a las tablas para la población mexicana de Perichart Perea (2013). Para los datos no disponibles, como la ingesta recomendada de lípidos, fibra, grasas saturadas, poliinsaturadas y monoinsaturadas, colesterol, sodio y etanol, se emplearon los datos de referencia de Macedo-Ojeda et al. (2013) y Housni et al. (2020).

## Análisis estadísticos

Se realizaron análisis descriptivos y comparativos en el paquete de software estadístico STATA (versión 12.0). La normalidad de los datos se verificó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se encontró una distribución no normal, por lo que se realizaron las pruebas de Mann-Whitney U y Kruskal-Wallis para comparar los datos descriptivos. También se realizaron pruebas post hoc de Dunn. La prueba de Chi-cuadrado se utilizó en variables categóricas. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) utilizando el procedimiento de factorización en el mismo software estadístico. El ACP completo se detalla en el apéndice electrónico 5.

Primero, se realizó una matriz de correlación usando correlaciones de Spearman (Tabla A5.1). También se llevó a cabo la prueba de esfericidad de Bartlett y la medida de adecuación de muestreo de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (Tabla A5.2). Se realizó un ACP con rotación varimax, por lo que los factores se rotaron mediante una transformación ortogonal (función de rotación varimax) para mejorar la diferencia entre las cargas. Dado que los resultados del ACP producen un gran número de soluciones de factores (tantos como grupos de alimentos), se redujeron considerando factores con valores propios  $>1.0$ . (Fransen et al., 2014). Luego, con base en la prueba del gráfico de sedimentación (representación gráfica de los componentes extraídos frente a sus valores propios) se redujo el número de componentes (Betancourt-Nuñez et al., 2018). Sin embargo, para un análisis más detallado y con base en Betancourt-Nuñez et al. (2018) y Fransen et al. (2014), se decidió realizar un ACP de tres factores. Los factores identificados se rotaron ortogonalmente para simplificar la estructura factorial y mejorar su interpretabilidad (Tabla A5.3 y A5.4) (Betancourt-Nuñez et al., 2018; Thorpe et al., 2016).

Para cada factor, se consideraron los alimentos con cargas factoriales de  $\geq 0.2$  como contribuyentes significativos al patrón y se utilizaron para calcular las puntuaciones de los factores (Schulze et al., 2003; Thorpe et al., 2016). Para identificar a los participantes en cada PDHH, se analizaron por separado los grupos de alimentos según sus cargas. Los grupos de alimentos según su huella hídrica, de acuerdo con sus cargas, se categorizaron en tertiles para fines de descripción e interpretación, siendo los valores más altos de los tertiles asociados con una mayor adherencia al PDHH.

### **Consideraciones éticas**

El proyecto se llevó a cabo de acuerdo con las directrices de la Declaración de Helsinki, y todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad de Guadalajara CEICUC (número de registro CEICUC-PGE-004). Todos los participantes fueron adultos que firmaron un consentimiento informado antes de ser incluidos en el estudio.

## Diseño de la intervención psico-nutricional-sostenible

Una vez identificadas las principales problemáticas nutricionales y medioambientales de la población de Jalisco, se procedió a diseñar una intervención psico-nutricional-sostenible, basada en la guía para diseñar intervenciones de rueda de cambio de comportamiento de Michie et al. (2014) y en la guía para el desarrollo y la evaluación de intervenciones conductuales digitales en la atención médica de West y Michie (2016). A continuación, se describen los elementos diseñados para la intervención. El diseño de investigación de esta sección se presenta en el apéndice electrónico 6.

## Diseño de guía alimentaria nutricional-sostenible

Como parte del programa de intervención diseñado, se propuso una guía alimentaria nutricional-sostenible, para la cual fue diseñada con base en la guía para diseñar intervenciones de rueda de cambio de comportamiento de Michie et al. (2014). El contenido de la guía alimentaria se diseñó con base en las características de la dieta para salud planetaria propuesta por Willett et al. (2019), así como en el modelo de dieta tradicional mexicana “dieta de la milpa” (Almaguer González et al., 2019, 2020). Adicionalmente, se generó una compilación de las recomendaciones de ingesta energética, macro y macronutricional (Tabla 7A.1.) así como de grupos de alimentos (Tabla A7.1), para población mexicana (apéndice electrónico 7).

## Diseño de contenido para aplicación móvil

El diseño de la aplicación móvil empleada en este estudio se realizó durante un proyecto previo, adicional a la tesis, en colaboración con programadores de *software* y aplicaciones móviles y se basó en la metodología centrada en el usuario (Mor et al., 2007). Esta integró técnicas de modificación conductual, como la economía de fichas (Martínez-Moreno et al., 2016), la comunicación de riesgos y beneficios (Spiegelhalter, 2017), los “*nudges*” (Friis et al., 2017), el auto-monitoreo, el establecimiento de metas y objetivos (Rigby et al., 2020; Spahn et al., 2010), y aproximaciones sucesivas (Martínez Moreno et al., 2015). Los puntos de corte para el establecimiento de puntajes en la economía de fichas dentro de la aplicación se presentan en el apéndice electrónico 8.

## Diseño de talleres psico-nutricionales-sostenibles

La intervención se compuso por talleres psico-nutricionales-sostenibles, los cuales fueron diseñados integrando técnicas de cambio conductual (Michie et al., 2013). Para el diseño de estos talleres se requirió equipo de cómputo y programas para diseño gráfico, como PowerPoint®, Canva®, BioRender®, Adobe Illustrator® y Adobe Photoshop®. Cabe señalar que el diseño del programa se llevó a cabo para brindarlo de manera digital con base en la guía para desarrollo y evaluación de intervenciones conductuales digitales en la atención médica (West & Michie, 2014).

## Diseño de planes alimenticios, menús y recetario sostenibles

Se requirió de equipo de cómputo, así como del *software* Nutricional-Ecológico Nutriecology® y el Software para dieto-cálculo Nutrimind®. Así mismo, se emplearon los lineamientos para prescripción de planes alimenticios, diseño de menús y recetas de Pérez-Lizaur (2014a). Se consideraron los alimentos descritos en la dieta tradicional mexicana (Valerino-Perea et al., 2019), así como la producción agrícola de México y Jalisco (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2022). Los planes se elaboraron siguiendo la metodología del SMAE, pero los alimentos de origen animal se dividieron de acuerdo con su impacto medioambiental (Pérez-Lizaur et al., 2014b).

## Procedimiento

Para el diseño del programa de intervención psico-nutricional-sostenible, se empleó la guía para diseñar intervenciones de rueda de cambio de comportamiento de Michie et al. (2014) que incorpora 3 niveles y 8 pasos de desarrollo, las cuales se muestran en la Figura A1.7 en el Apéndice electrónico 1. Los niveles engloban: 1) comprender el o los comportamientos (que en este caso denominaremos conductas), 2) identificar las opciones de intervención y 3) identificar el contenido y las opciones de implementación. Los niveles y pasos específicos del programa de intervención, basados en el modelo de Michie et al. (2014), se detallan en la Tabla 1.

Cabe señalar que la primera etapa del proyecto fue teórica-metodológica, para contar con la posibilidad de ser adaptado a diferentes poblaciones. En este sentido, se plantea que este programa de intervención psico-nutricional-sostenible, establezca la base teórica y metodológica para futuros estudios dentro de la línea de investigación psico-nutrición-sostenible.

**Tabla 1. Diseño del programa de intervención Psico-Nutricional-Sostenible según el modelo de rueda de cambio de comportamiento y guía para el diseño de intervenciones**

<b>Nivel 1: Comprender los comportamientos</b>	
Paso 1: Definir el problema en términos de comportamiento	Este paso se basó en la evidencia científica disponible sobre la situación dietética y medioambiental del país, (ENSANUT, 2018; Lares-Michel et al., 2021) y en las evaluaciones y diagnósticos 1 y 2 de esta tesis. En estos se identificó que los principales problemas nutricionales y medioambientales que necesitan ser abordados en México, están relacionados con el proceso de transición nutricional de la población y su impacto medioambiental. Estos problemas están principalmente relacionados con un consumo de alimentos inadecuado y falta de actividad física.
Paso 2: Seleccionar las conductas objetivo	Las conductas objetivo fueron la falta de realización de actividad física, así como el consumo inadecuado de alimentos y platillos mexicanos, frutas y vegetales, cereales integrales, leguminosas, semillas y grasas saludables, lácteos, huevos, pescados y mariscos, pollo, carnes rojas (res, cerdo, chivo y borrego) y procesadas, alimentos ultra-procesados y azúcares añadidos, así como alimentos altos en grasas trans y saturadas.
Paso 3: Identificar las conductas objetivo	Se identificaron conductas objetivo como estrategia de establecimiento de objetivos, que ha sido reportado como uno de los métodos más efectivos para modificar conductas alimentarias (Rigby et al., 2020; Spahn et al., 2010). Asimismo, se abordarán como aproximaciones sucesivas hacia una alimentación sostenible. Las conductas objetivo fueron:
Paso 4: identificar lo que se necesita cambiar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incrementar la realización de actividad física. Se promovió principalmente la actividad física como medio de transporte, sin embargo, esto dependió del contexto socio-económico de la población.</li> <li>2. Incrementar el consumo de alimentos y platillos considerados como mexicanos, pero implementando técnicas culinarias sostenibles.</li> <li>3. Aumentar el consumo de frutas y vegetales.</li> <li>4. Incrementar el consumo de cereales integrales.</li> <li>5. Aumentar el consumo de leguminosas.</li> <li>6. Incrementar la ingesta de semillas y grasas saludables.</li> <li>7. Disminuir el consumo de lácteos.</li> <li>8. Disminuir el consumo de huevos.</li> <li>9. Disminuir el consumo pescados y mariscos.</li> <li>10. Disminuir de consumo de pollo.</li> <li>11. Disminuir el consumo de carnes rojas (res, cerdo, chivo y borrego) y procesadas.</li> <li>12. Disminuir el consumo de alimentos ultra-procesados.</li> <li>13. Disminuir la ingesta de azúcares añadidos y libres, así como de alimentos con elevado contenido de grasas trans y saturadas.</li> </ol> <p>Cabe señalar que todos los alimentos cuyo consumo fue promovido, estuvieron alineados con las características de sostenibilidad pertinentes al contexto de México que fueron previamente analizadas. Este planteamiento a su vez estuvo fundamentado en el modelo de dietas sostenibles (Figura A1.2, Apéndice electrónico 1) de Johnston et al., (2014), en las recomendaciones de dieta saludable brindadas por la OMS (2015) y en el modelo QC7G de educación en alimentación y nutrición (López-Espinoza et al., 2016). Además de que se ha reportado que el establecimiento de objetivos es uno de los métodos más efectivos para modificar conductas dietéticas (Rigby et al., 2020). Adicionalmente, esto funciona como un proceso de aproximaciones sucesivas (Martínez Moreno et al., 2015, 2016), en este caso hacia una dieta sostenible.</p>

**Tabla 1. Continuación. Diseño del programa de intervención Psico-Nutricional-Sostenible según el modelo de rueda de cambio de comportamiento y guía para el diseño de intervenciones**

Etapa 2: Identificar opciones de intervención	
Paso 5: Funciones de intervención	<p>Las funciones de intervención del modelo de rueda de cambio de comportamiento fueron: educación, persuasión, incentivación y coerción. Las funciones fueron verificadas con relación al criterio "APEASE" señalado en el manual de Michie et al. (2014), que se refiere a verificar 1) Asequibilidad, 2) Practicabilidad, 3) Efectividad y rentabilidad, 4) Aceptabilidad, 5) Efectos secundarios/seguridad y 6) Equidad (Equity) (Desroches et al., 2013; Michiel et al., 2011; 2014; Figura A1.5, Apéndice electrónico 1).</p>
Paso 6: Categoría de políticas	<p>Las categorías de políticas de la intervención fueron las guías o pautas (guidelines), por ello, se diseñó una guía alimentaria nutricional-sostenible (Gazan et al., 2018; Maillot et al., 2010). Esta guía se basó en las recomendaciones de la FAO para el desarrollo de guías alimentarias (FAO, 2020). También se diseñó con base en el modelo de dieta para salud plantearía de la Comisión EAT-Lancet (Willett et al., 2019), la dieta de la milpa (Almaguer, 2019, 2020) y con base en el modelo de dietas sostenibles (Figura A1.2, Apéndice electrónico 1) (Johnston et al., 2014).</p> <p>Los elementos de las dietas sostenibles seleccionados fueron: (1) Bienestar y salud: ABCD; A: datos antropométricos y de composición corporal (peso y talla corporal, IMC, porcentaje de grasa corporal, grasa visceral, masa muscular, circunferencia de cintura y cadera, así como índice cintura-cadera); B: datos bioquímicos (glucosa sérica, perfil lipídico y microbiota intestinal); C: datos clínicos (signos de deficiencias de nutrientes, acantosis nigricans y presión arterial). (2) Biodiversidad, medio ambiente y clima: huella de carbono y huella hídrica gris. (3) Equidad y comercio justo: precio de los alimentos y nivel socioeconómico de la población. (4) Alimentos "eco-amigables", locales y de temporada: huella hídrica verde y azul, alimentos de producción local y de temporada. (5) Patrimonio cultural y habilidades: Dieta tradicional mexicana, Índice de Calidad de la Dieta Mexicana (IACDMx) y educación nutricional con base en dieta tradicional. (6) Necesidades de alimentos, nutrientes, seguridad alimentaria y acceso: plan alimenticio personalizado de acuerdo con requerimientos, preferencias y contextos individuales (Johnston et al., 2014).</p> <p>Posteriormente, esta guía alimentaria nutricional-sostenible, se acompañó de un sistema de alimentos equivalentes (Pérez Lizaur et al., 2014) que además de incorporar los nutrientes de los alimentos, integró su impacto medioambiental, y con base en este, los ordenó de menor a mayor impacto. El cálculo del impacto medioambiental se realizó con base en el cálculo de la huella hídrica total, verde, azul y gris, empleando el método propuesto por Lares-Michel et al. (2021) para México, que a su vez emplea el método huella hídrica (Hoekstra et al., 2011). Así mismo, se calcularon las EGEL de los alimentos (huella de carbono). Para el cálculo de la huella de carbono, se empleó el método LCA, específicamente la base de datos SHARP-Indicators (Mertens et al., 2019), la cual fue recientemente utilizada para calcular las EGEL de la dieta de la población mexicana a nivel nacional (López-Olmedo et al., 2022). Esta considera el impacto medioambiental de la producción, comercio y transporte de los alimentos, además emplea factores de conversión para producción, porción comestible, pérdidas y ganancias por cocción, y por pérdidas y desperdicio de alimentos (Mertens et al., 2019). Para aquellos alimentos compuestos por varios ingredientes, se calcularon las EGEL de las recetas de platillos y bebidas reportadas por Lares-Michel et al. (2021).</p> <p>Adicionalmente, se incluyeron los precios y características culturales de los principales alimentos del SMAE. Los precios se obtuvieron por medio de revisión de bases de datos de supermercados y trabajo de campo en mercados locales, así como en la base de datos de precios promedio de INEGI (2022). Los aspectos culturales se determinarán con base en revisión de literatura de la dieta tradicional mexicana (Almaguer González et al., 2019, 2020; Valerino-Perea et al., 2019) y los alimentos producidos en México y Jalisco (SADER, 2022). Estos se detallan en el apéndice electrónico 7.</p>

**Tabla 1. Continuación. Diseño del programa de intervención Psico-Nutricional-Sostenible según el modelo de rueda de cambio de comportamiento y guía para el diseño de intervenciones**

Etapa 2: Identificar opciones de intervención	
Paso 6: Categoría de políticas	<p>Una vez desarrollada la guía alimentaria señalada y el sistema de alimentos equivalentes con nutrientes, impacto medioambiental, precios y aspectos culturales, se desarrolló un recetario sostenible, y a partir de este, ejemplos de planes alimenticios con opciones de individualización. Dichos planes alimenticios se integraron por una distribución de raciones de alimentos equivalentes y ejemplos de menús que cumplan con las características nutricionales y de sostenibilidad de la población mexicana, y que puedan ser adaptadas.</p> <p>El diseño de la intervención tuvo una duración de 7 semanas, de manera que se abordaron dos objetivos conductuales cada semana. Posteriormente, se llevó a cabo un periodo de seguimiento de 7 semanas. Con base en esta duración esta intervención puede considerarse de corto plazo (Neelemaat et al., 2012).</p>
Etapa 3: Identificar el contenido y las opciones de implementación	
Paso 7: Técnicas de cambio de comportamiento	<p>Se utilizarán técnicas específicas de cambio de comportamiento que cubrieron las funciones de intervención seleccionadas de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Educación: se diseñaron 13 talleres educativos correspondientes a cada uno de los objetivos conductuales establecidos. Dentro de los talleres se emplearon aproximaciones sucesivas (Martínez-Moreno et al., 2016).</li> <li>• Persuasión: Nudges (empujones), comunicación de riesgos y beneficios (Friis et al., 2017; Spiegelhalter, 2017).</li> <li>• Incentivación, coerción y monitoreo: mensajería, recordatorios y economía de fichas a través de registros dietéticos y fotos en la aplicación móvil (Martínez-Moreno et al., 2016; Rigby et al., 2020; Spahn et al., 2010). Los datos de los registros dietéticos que fueron analizados posteriormente con base en unidades de medida establecidas como tazas, cucharadas, etc. y posteriormente convertidas a gramos consumidos que servirán para verificar los datos reportados de manera escrita. Con base en los datos dietéticos registrados, la aplicación consta de un sistema de economía de fichas virtual, que fueron intercambiados por estímulos acordados con los participantes, o en su caso, se retiraron fichas como costo de respuesta (Martínez-Moreno et al., 2016).</li> <li>• Apoyo social: foro en la aplicación móvil donde los participantes pueden compartir imágenes de sus alimentos y su rendimiento en la actividad física. Además, pueden dar “me gusta” a las fotos de otros participantes y comentar las fotos. Asimismo, se incluyó un chat en la aplicación móvil para la resolución de dudas entre usuario y administrador (nutriólogo) (Rigby et al., 2020; Spahn et al., 2010).</li> </ul>
Paso 8: Modo de entrega	<p>La modalidad de impartición fue digital por medio de la aplicación móvil y los talleres fueron impartidos por plataformas digitales en videos (Michie &amp; West, 2014). La elaboración de esta aplicación móvil se basó en la guía para el desarrollo y la evaluación de intervenciones conductuales digitales en la atención médica de West y Michie (2016) y en la metodología centrada en el usuario (Mor et al., 2007). Otros estudios ya han reportado elaboración de aplicaciones móviles efectivas para modificación de comportamientos alimentarios, empleando el modelo de rueda de cambio de comportamiento (Robinson et al., 2013).</p>

**Metodología**

## **ETAPA 2**

**Implementación de la intervención psico-nutricional-sostenible**



## **Implementación de la intervención psico-nutricional-sostenible**

Una vez desarrollado el programa de intervención psico-nutricional-sostenible, se llevó a cabo una intervención en una muestra de población mexicana, que permitió validar el programa diseñado y, además, identificar los efectos de este programa sobre algunos indicadores de salud y medio ambiente. A continuación, se describen las características de esta etapa del proyecto.

### **Reclutamiento de participantes: criterios de inclusión, exclusión y eliminación**

El universo del presente estudio fue la población adulta mexicana de entre 18 y 35 años, residentes del Sur de Jalisco o que pudieran asistir a Ciudad Guzmán en tres ocasiones a lo largo de 15 semanas, para la entrega de muestras fecales y toma de sangre y mediciones corporales. La elección de este grupo etario reside en que, aunque ya se consideran adultos que toman decisiones alimentarias autónomas, su edad temprana los hace susceptibles a modificación conductual. Además, representan a los padres o futuros padres, así como a la población activa de México, por lo que impartir educación nutricional-sostenible a estas personas, podría generar beneficios a largo plazo en su salud y en la de sus familias (Petry, 2002; Pieniak et al., 2016; Swinburn et al., 2004).

A partir de ello, se invitó a participar a la población por medio de redes sociales y carteles (apéndice electrónico 9) en puntos estratégicos, como el Centro Universitario del Sur, el Tecnológico Nacional de México, campus Ciudad Guzmán, y el centro de la Ciudad. Para llevar a cabo el tamizaje inicial se estructuró un cuestionario inicial (apéndice electrónico 10), que incluyó los criterios de inclusión y exclusión que se detallan a continuación.

Además del rango etario, nacionalidad y residencia, se consideró que los participantes no padecieran ninguna enfermedad metabólica, hormonal, gastrointestinal, psiquiátrica, entre otras. El consumo de ciertos fármacos también se tomó en cuenta. Adicionalmente, se establecieron como criterios de inclusión y exclusión, consumos inadecuados de los grupos de alimentos considerados en los objetivos conductuales, ya fuera con respecto a frecuencia de consumo o a cantidades de ingesta. En tanto a la actividad física, únicamente se incluyó en el estudio a población que realizara niveles insuficientes o que tuvieran mejoras potenciales con respecto a tipo de ejercicio realizado, es decir, que únicamente realizaran ejercicio de tipo cardiovascular o de fuerza. Rangos de IMC entre 18.5 y >30 fueron considerados. y La lista completa de los criterios de inclusión, exclusión y eliminación, así como los puntos de corte establecidos sobre consumos y actividad física inadecuados, se presentan en el apéndice electrónico 11. Estos criterios fueron incluidos en el cuestionario inicial para tamizaje que se presenta en el apéndice electrónico 10.

## Cálculo de la muestra

El tamaño muestral del estudio se calculó con base en un Ensayo Controlado Aleatorizado (ECA) de una intervención conductual multicomponente para reducir el consumo de carne que incluyó elementos de salud, nutrición y sostenibilidad ambiental (Bianchi et al., 2019, 2022). En este ECA, los autores calcularon el tamaño de la muestra basándose en consideraciones pragmáticas debido a la falta de estudios de investigación directamente comparables a los suyos. En su estudio se consideró una muestra mínima inicial de 100 voluntarios para lograr un tamaño del efecto medio de  $d = 0.6$  con una potencia de  $1 - \beta = 0.84$  y un criterio alfa de dos colas de 0.05 (Bianchi et al., 2019, 2022).

Para rectificar el poder estadístico de acuerdo con las variables de la presente tesis, se empleó la fórmula de Sakpal et al. (2010), para comparar dos medias, considerando una diferencia mínima clínicamente importante de 0.5 para cada variable primaria. En el apéndice 12 se presentan las variables primarias y los datos utilizados para el cálculo de la fórmula. Se consultaron otros ECA de dietas basadas en plantas (Duthie et al., 2018; Kahleova et al., 2018; Päivärinta et al., 2020) o reducción de la ingesta de carne (Bianchi et al., 2022) para verificar la diferencia mínima clínicamente importante y las desviaciones estándar, que se encontraban entre los rangos seleccionados. También se consultaron estudios sobre huella de carbono (Macdiarmid et al., 2013), huella hídrica (Lares-Michel et al., 2021) y microbiota intestinal (Hiel et al., 2019; Wastyk et al., 2021). Finalmente, se utilizó la siguiente fórmula para calcular el tamaño de la muestra, considerando una tasa de deserción del 10% (Sakpal et al., 2010).

$$n = [(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \times \{2(\sigma)^2\}] / (\mu_1 - \mu_2)^2 \quad (1)$$

Donde:

- $n$  = Tamaño de muestra requerido en cada grupo.
- $\mu_1$  = cambio medio en los resultados primarios de otros estudios similares = 5
- $\mu_2$  = cambio medio en los resultados primarios = 4.5
- $\mu_1 - \mu_2$  = diferencia significativa = 0.5
- $\sigma$  = desviación estándar = 1.195
- $Z_{\alpha/2}$ : 1.96 (basado en un 5% del nivel de significancia)
- $Z_{\beta}$ : 0.84 (basado en el 80% de la potencia)

Según la fórmula anterior, el tamaño de muestra requerido por grupo fue de 45. Por lo tanto, el tamaño total de muestra requerido fue de 90. Considerando una tasa de abandono del 10%, el tamaño total de muestra requerido fue de 100, lo que concuerda con el ECA de una intervención conductual multicomponente que inicialmente fue considerado como la base para la estimación del tamaño de la muestra en este estudio (Bianchi et al., 2019, 2022). No obstante, se contempló la posibilidad de una pérdida del 20% de la muestra inicial (Medina-Vera et al., 2019). La muestra total

se dividió aleatoriamente en dos grupos: un grupo de control (n=50) y un grupo de intervención (n=50). La aleatorización se realizó de manera automática en Excel, asignando a los participantes en una proporción de 1:1 al grupo de intervención o control. Esto con base en las recomendaciones para diseños de grupo en los programas de modificación de la conducta (Kazdin, 2000).

## **Materiales e instrumentos**

### **Historia clínica**

Cada participante fue evaluado mediante una historia clínica estructurada que incorporó indicadores antropométricos, bioquímicos, clínicos y dietéticos, así como aspectos relacionados con nivel socioeconómico, preferencias alimentarias, entre otros aspectos. Estos elementos se presentan a continuación, y se detallan en el apéndice electrónico 13. Cabe señalar que estos aspectos fueron evaluados a través de la aplicación móvil empleada y se adaptaron en la sesión virtual de administrador, por lo que se emplearon computadoras y Smartphones.

### **Indicadores antropométricos**

El peso corporal y la composición corporal de los participantes fueron evaluados con una báscula marca Tanita® (BC-601 FITSCAN). La talla se evaluó con un estadímetro graduado con base de aluminio ionizado, marca Smartmet®. La circunferencia de cintura y cadera se midieron con una cinta métrica metálica marca Lufkin®. Se siguió el protocolo descrito por Suverza y Haua (2010).

### **Indicadores bioquímicos**

Para la recolección de sangre necesaria para la generación del repositorio de muestras y posterior determinación de glucosa sérica y perfil lipídico se emplearon torniquetes, torundas con alcohol, jeringas de 10 mL y tubos recolectores de sangre (Secretaría de Salud, 2012). Para la recolección de heces para el análisis de la microbiota intestinal, se usaron recipientes de heces estériles (Chávez-Carbajal et al., 2019; Rodríguez Lara, 2015; Rodríguez-Lara et al., 2022).

### **Indicadores clínicos**

Para la toma de presión arterial se empleó un baumanómetro aneroide marca Medstar®. Para la recolección de la historia clínica de los participantes, únicamente se usó un formato pre-diseñado, en computadora (apéndice electrónico 13). La exploración clínica (deficiencia de nutrientes y acantosis nigricans) se realizó de manera visual (Pinheiro et al., 2011; Suverza & Haua, 2010).

### **Indicadores dietéticos**

Para la evaluación de la dieta, el patrón dietético y la calidad de la dieta, se usó la aplicación móvil antes señalada y el *software* Nutricional-Ecológico Nutriecology®. La primera incluyó registros

dietéticos y el segundo, recordatorios de 24 horas, un CFCA validado para población mexicana y adaptado (Lares-Michel et al., 2021, 2022; Macedo-Ojeda et al., 2013) y la calidad de la dieta fue evaluada por medio del Índice Alternativo de Calidad de la Dieta Mexicana (IACDMx) (Lares-Michel et al., 2022) (Apéndice electrónico 4). La evaluación dietética se llevó a cabo en consulta por medio de entrevista, empleando réplicas de alimentos, tazas y cucharas medidoras. Una vez obtenida la información dietética, la clasificación de los alimentos se llevó a cabo en los grupos establecidos en el Nutriecology®, los cuales se detallan en Lares-Michel et al. (2021, 2022).

### **Indicadores de impacto medioambiental**

Para el cálculo de la huella hídrica de las dietas y patrones dietéticos de los participantes, se empleó el *software* Nutricional-Ecológico Nutriecology®, que incluye el método propuesto por Lares-Michel et al. (2021, 2022), que integra el método huella hídrica. Para el cálculo de la huella de carbono, se empleará el método LCA, específicamente la base de datos SHARP-Indicators (Mertens et al., 2019), la cual fue recientemente utilizada para calcular las EGEI de la dieta de la población mexicana a nivel nacional (López-Olmedo et al., 2022). Esta considera el impacto medioambiental de la producción, comercio y transporte de los alimentos, además emplea factores de conversión para producción, porción comestible, pérdidas y ganancias por cocción, y por pérdidas y desperdicio de alimentos (Mertens et al., 2019). Para aquellos alimentos compuestos por varios ingredientes, se calcularon las EGEI de las recetas de platillos y bebidas reportadas por Lares-Michel et al. (2021). En este proceso únicamente se requirió equipo de cómputo, el programa Excel v16® y acceso a internet.

### **Indicadores de aspectos económicos: nivel socioeconómico y gasto en alimentos**

Dado que el análisis de nivel socioeconómico y la identificación del gasto en alimentos se llevó a cabo por medio de un cuestionario, únicamente se empleó equipo de cómputo y la aplicación móvil empleada, donde se integró un cuestionario que considera nivel educativo (Lares-Michel et al., 2018; UNAM, 2012), ocupación (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2011; Lares-Michel et al., 2018) e ingreso mensual (AMAI, 2018; Lares-Michel et al., 2018). Adicionalmente, se integraron preguntas sobre lugares de compra de alimentos, así como presupuesto semanal y mensual para la compra de alimentos. Estos elementos, que fueron previamente cargados a la aplicación móvil, se muestran en el apéndice electrónico 13.

### **Indicadores de aspectos culturales y sociales: preferencias alimentarias**

Debido a que dentro de las dietas sostenibles es indispensable considerar los aspectos culturales y sociales de la alimentación, dentro del cuestionario previamente mencionado, también se preguntó sobre los alimentos preferidos de la población y aquellos que no les gustan. Adicionalmente,

se cuestionó por festividades particulares que giren en torno al consumo de alimentos específicos, los cuales fueron considerados en el diseño de su plan alimenticio (apéndice electrónico 13). Por ello, únicamente fue necesario equipo de cómputo y la aplicación móvil empleada.

### **Actividad física**

Debido a que la actividad física fue clasificada empleando el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ, 2016) y preguntando sobre tipo de actividad, frecuencia, intensidad y duración, estos datos también fueron incluidos en el cuestionario antes señalado (apéndice electrónico 13), por lo que sólo se requirió equipo de cómputo y la aplicación móvil empleada.

### **Aspectos conductuales del modelo COM-B**

Adicional al cuestionario antes mencionado, se aplicó uno que integró preguntas relacionadas con la capacidad física y psicológica, la motivación automática y reflexiva y la oportunidad física y social, de acuerdo con lo sugerido por Michie et al. (2014). Este se diseñó con base en el cuestionario descrito por Brain et al. (2019), quienes incorporaron las tres categorías del modelo COM-B, y cada una fue asignada a los siguientes aspectos, los cuales se adaptaron de acuerdo al contexto de dietas sostenibles: (1) Capacidad: conocimientos en nutrición sostenible, habilidades para preparación de alimentos y capacidad de preparación; (2) Oportunidad: tiempo para comer y preparar alimentos, acceso a alimentos y almacenamiento de alimentos; (3) Motivación: deseo de cambiar sus hábitos alimentarios, emociones implicadas en su consumo de alimentos y hábitos que está dispuesto a modificar. En el apartado de motivación se incluyó el cuestionario de Verain et al. (2021), sobre motivos de consumo alimentario sostenible. Tanto para el diseño como aplicación del cuestionario únicamente se necesitó equipo de cómputo y el manual de diseño de intervenciones para cambio de comportamiento (Michie et al., 2014). Este cuestionario se detalla en el apéndice electrónico 14.

### **Conocimientos nutricionales-sostenibles**

Como elemento de análisis de capacidad psicológica del modelo COM-B (Michie et al., 2014), se diseñó un cuestionario para la evaluación de conocimientos nutricionales-sostenibles, los cuales estuvieron relacionados con los objetivos conductuales establecidos y se basó en lo recomendado por Macías y Glasauer (2014), Médecins du Monde (2011) y la OMS (2008). Igualmente, solo se necesitó equipo de cómputo y la aplicación móvil empleada en este estudio. Este cuestionario se muestra en el Apéndice electrónico 15.

### **Adherencia a la dieta sostenible**

Para medir la adherencia de la población intervenida al programa, se aplicó un cuestionario adaptado con base en el de Gila-Díaz et al. (2020), que consistió en el contraste de las recomendaciones brindadas con la ejecución de las conductas a promover. Por ejemplo, se integraron

preguntas sobre tipo e intensidad de actividad física realizada y cantidad y frecuencia de consumo de cada uno de los alimentos incluidos dentro de los objetivos conductuales. Este cuestionario se muestra en el Apéndice electrónico 16. Para determinar el nivel de adherencia de los participantes, se generó el Índice de Adherencia a la Dieta Mexicana Sostenible con base en el *Sustainable Dietary Score* de Campirano et al. (2023). Los puntajes establecidos para este estudio se presentan en el Apéndice 16.

## Procedimiento

### Prueba piloto

Previo a la aplicación del programa de intervención, se decidió llevar a cabo una prueba piloto con duración de cuatro semanas. Se aplicaron los cuestionarios a utilizar y se analizó la usabilidad, viabilidad, calidad, y aceptabilidad de la aplicación móvil, así como la fiabilidad de los instrumentos a emplear y la adherencia de los participantes a las recomendaciones brindadas en el periodo de prueba. Con base en esta prueba, se llevaron a cabo adaptaciones a los instrumentos diseñados. Los resultados de la prueba piloto se muestran en el apéndice electrónico 17.

### Procedimiento de ejecución del programa intervención psico-nutricional-sostenible

La segunda etapa consistió en la aplicación del programa de intervención psico-nutricional-sostenible desarrollado, en la población de estudio antes descrita. En esta etapa se realizó el diagnóstico psico-nutricional-sostenible de los participantes, empleando los aparatos y materiales descritos previamente. Se evaluaron los elementos del modelo COM-B de Michie et al. (2011) aplicando el cuestionario COM-B (Apéndice electrónico 14) por medio de entrevista, que permitieron conocer la intención de los participantes de completar la intervención (Ajzen, 1985; Verain et al., 2021; Vermeir, & Verbeke, 2008). La evaluación de la intención ha sido hasta ahora uno de los primeros pasos cuando se intenta abordar la modificación de consumo de alimentos hacia patrones dietéticos más saludables y sostenibles (Pieniak et al., 2016). Las preguntas relacionadas con conocimientos nutricionales-sostenibles fungieron como un diagnóstico de los mismos, e igualmente fueron aplicadas por medio de entrevista.

El diseño de la intervención nutricional estuvo basado en el modelo del proceso de atención nutricia (Swan et al., 2017), por haber demostrado efectividad en programas de intervención nutricional en grupos poblacionales (Lee et al., 2020). Se incorporaron los cuatro pasos de este proceso, que son la evaluación nutricia, el diagnóstico nutricional, la intervención nutricia, el monitoreo nutricional y la re-evaluación nutricia (Swan et al., 2017). Y por supuesto fueron añadidos los aspectos de sostenibilidad en todos los pasos presentados.

El diagnóstico psico-nutricional-sostenible se llevó a cabo identificando el principal problema de la población (P), se determinó su etiología o causa (E) y se identificaron los signos y síntomas

presentados (S) (Swan et al., 2017). En este sentido, el estudio 1 y 2 de esta tesis, sirvieron como diagnóstico nutricional medioambiental sobre el estado actual de la dieta, el patrón dietético, la ingesta calórico-nutricional y la calidad de la dieta de la población mexicana, así mismo, presentaron los primeros diagnósticos medioambientales de estos elementos, con relación a la huella hídrica y revisión de literatura respecto a huella de carbono. Además, dentro de esta etapa se empleó el formato de diagnóstico nutricional "ABCD" de Suverza y Haua (2010) que corresponde a los elementos de evaluación presentados en el proceso de atención nutricional. La equivalencia al aspecto A, antropometría, es el aspecto de medidas antropométricas del proceso de atención nutricional. El aspecto B, bioquímicos, corresponde al aspecto datos bioquímicos, pruebas y procedimientos médicos del proceso de atención nutricional. El aspecto C, clínicos, se refiere a los hallazgos del examen físico centrado en la nutrición del proceso de atención nutricional, y el aspecto D corresponde a la historia relacionada con la alimentación y la nutrición. Únicamente se añadió el historial del paciente, que en este caso se consideró como el nivel socio-económico del participante y su historia clínica, incluyendo antecedentes patológicos, heredofamiliares, uso de antibióticos y medicamentos en general, así como actividad física.

Los datos antropométricos y de composición corporal fueron peso y talla corporal para determinar IMC ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ), porcentaje de grasa corporal, grasa visceral, masa muscular, circunferencia de cintura y cadera, así como el índice cintura-cadera. Para esta evaluación se empleó una báscula con bioimpedancia eléctrica marca Tanita® (BC-601 FITSCAN), un estadímetro graduado con base de aluminio ionizado, marca Smartmet® y una cinta métrica metálica marca Lufkin®. Dentro de los elementos bioquímicos, se evaluaron niveles de glucosa sérica, perfil lipídico y la microbiota intestinal. Para la determinación de glucosa sérica y perfil lipídico se recolectaron muestras de sangre de la vena antecubital de cada participante, siguiendo el método de Porchas-Quijada et al. (2019), donde las muestras se tomaron por especialistas, después de un ayuno nocturno de 8 a 12 horas y se centrifugaron a 3500 rpm durante 15 min para la separación del suero. Las muestras se dividieron en alícuotas y se almacenaron a  $-80^\circ\text{C}$  hasta el día del ensayo. En tanto a la microbiota intestinal, se recolectaron muestras fecales en un recipiente de heces estéril que se entregó a los participantes, dividiéndolas en alícuotas y se almacenaron a  $-80^\circ\text{C}$ , siguiendo el método empleado en población mexicana, por Chávez-Carbajal et al. (2019), Rodríguez Lara (2015) y Rodríguez-Lara et al. (2022).

Dentro de los indicadores clínicos, se llevó a cabo una historia clínica donde se cuestionó sobre antecedentes patológicos y heredofamiliares, así como consumo de medicamentos y suplementos (Suverza & Haua, 2010). Se evaluaron signos clínicos de resistencia a la insulina (acantosis nigricans), mediante exploración y búsqueda de hiperpigmentación y engrosamiento de la piel con aterciopelado, en áreas de flexión visibles (axila, zona cubital anterior y región posterior y lateral del cuello) (Pinheiro et al., 2011). También se evaluaron signos de deficiencias de nutrientes de acuerdo con los indicadores señalados por Suverza y Haua (2010), con relación a cabello, uñas, boca, lengua, mucosas, etc. Así mismo, se evaluó la presión arterial con un baumanómetro aneroide marca Medstar® y siguiendo el protocolo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-030-SSA2-2009,

Para la prevención, detección, diagnóstico, tratamiento y control de la hipertensión arterial sistémica (DOF, 2010b). Finalmente, los indicadores dietéticos fueron la dieta, evaluada por medio de registros y el patrón dietético evaluado a partir de un CFCA validado y adaptado (apéndice electrónico 4) (Lares-Michel et al., 2021; Macedo-Ojeda et al., 2013). De estos datos se obtuvo su composición energético-nutricional y la calidad de la dieta del CFCA, con el IACDMx (Lares-Michel et al., 2022). Además, se evaluó la huella hídrica y de carbono de sus dietas y patrones dietéticos. Para ello, se empleó el método propuesto por Lares-Michel et al. (2021) que considera la aproximación huella hídrica y se integra en el Software Nutricional-Ecológico Nutriecology®, que fue empleado en este estudio. Para el cálculo de la huella de carbono, se empleó el método LCA usando las bases de datos SHARP-Indicators (Mertens et al., 2019). El nivel socioeconómico de la población se midió de acuerdo con lo señalado por Lares-Michel et al. (2018), empleando indicadores de ocupación (INEGI, 2011), nivel educativo (UNAM, 2012) e ingreso económico (AMAI, 2018). Además, se cuestionó sobre actividad física empleando el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ, 2016) y preguntando sobre tipo de actividad, frecuencia, intensidad y duración. Las evaluaciones se llevaron a cabo en el Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN) y en el Laboratorio de Biomedicina y Biotecnología para la Salud, del Centro Universitario del Sur.

Una vez llevado a cabo el diagnóstico de la población, se llevó a cabo la intervención. Los 100 participantes fueron asignados aleatoriamente al grupo control (n=50) y al grupo de intervención (n=50). A cada participante del grupo de intervención se le prescribió un plan alimenticio personalizado de acuerdo con los planes alimenticios desarrollados en la primera etapa. Este plan alimenticio fue adaptado de acuerdo con el manual de dietas terapéuticas de Pérez-Lizaur (2014) y Pérez-Lizaur y García-Campos (2014), considerando las características de los participantes, y únicamente fungió como una base estructural para la alimentación de las personas, de la misma manera que fue realizado en el estudio de Grasso et al. (2020). Esta etapa duró un total de 15 semanas, donde las primeras 7 fueron de intervención, en la cual se llevaron a cabo talleres de educación nutricional-sostenible online dos veces por semana, donde se abordaron los objetivos particulares de la investigación.

Es decir que, como línea base y previo al inicio de la intervención, se llevó a cabo la evaluación inicial de los indicadores ABCD-MNCCA, es decir, antropométricos, bioquímicos, clínicos, dietéticos, medioambientales, de nivel socioeconómico, conocimientos nutricionales, aspectos conductuales y de actividad física. En la primera semana de intervención se prescribió el plan alimenticio sostenible y se llevó a cabo la introducción del programa y de la guía alimentaria sostenible. Además, se abordó el taller y las técnicas conductuales orientadas a incrementar la realización de actividad física. En la segunda semana se abordó el incremento del consumo de alimentos y platillos considerados como mexicanos, implementando técnicas culinarias sostenibles, así como el incremento de ingesta de frutas y vegetales. Posteriormente, en la tercera semana, el incremento del consumo de cereales integrales, y el incremento de consumo de leguminosas. En la cuarta semana, el aumento de consumo de semillas y grasas saludables, y la disminución del consumo de lácteos. En la semana cinco, la



disminución de consumo de huevos, pescados y mariscos. En la sexta semana, la disminución de consumo de pollo, carnes rojas (res, cerdo, chivo y borrego) y procesadas. Finalmente, en la semana siete, el decremento de consumo de alimentos ultra-procesados y la disminución del consumo de azúcares añadidos y libres y alimentos con elevado contenido de grasas trans y saturadas.

Se ha comprobado que la asistencia supervisada favorece una mayor adherencia a los programas de intervención dietética (Burgess et al., 2017; Lemstra et al., 2016), por lo que los participantes fueron monitorizados durante la semana entre cada taller, para lo cual la aplicación móvil estuvo recordándoles mediante mensajes, los puntos abordados en los talleres online y comunicando los riesgos y beneficios de las decisiones de consumo dietético que lleven a cabo. Además, se enviaron “nudges” (empujones virtuales) para influir en las conductas de la población. Así mismo, a los participantes se les solicitó que realizaran un registro dietético de su consumo de alimentos, al menos una vez por semana e idealmente, de manera diaria. Escribiendo sus ingestas en la aplicación y colocando fotografías de cada platillo consumido. La aplicación móvil fue programada para recordárselos y ajustar que cada semana, dos de los registros dietéticos se realicen entre semana y un registro dietético se lleve a cabo en fin de semana (Ortega et al., 2015; Santiago-Torres et al., 2016). La aplicación móvil permitió a su vez dar seguimiento virtual constante a los participantes para la resolución directa de dudas. De esta manera, la aplicación pudo permitir al participante llevar a cabo auto-monitoreo de su proceso, lo cual ha sido referido como una estrategia para mejorar la adherencia del paciente a la intervención (Gibson & Sainsbury, 2017; Rigby et al., 2020). Cabe señalar que al final de la intervención se aplicaron nuevamente los cuestionarios sobre conocimientos nutricionales-sostenibles, para evaluar la adquisición de conocimientos en esas áreas. Adicionalmente, se aplicó un cuestionario diseñado para evaluar la adherencia de los participantes al programa y a su plan alimenticio personalizado (Gila-Díaz et al., 2020) (apéndice electrónico 16).

## Diseño experimental de la intervención

Esta etapa tuvo una duración de 15 semanas, que se integró por 7 semanas de intervención, una de monitoreo y 7 semanas de evaluación de seguimiento, por lo que se consideró una intervención de corto plazo (Neelemaat et al., 2012). El diseño de investigación de esta etapa en particular se esquematiza en la Figura 1.

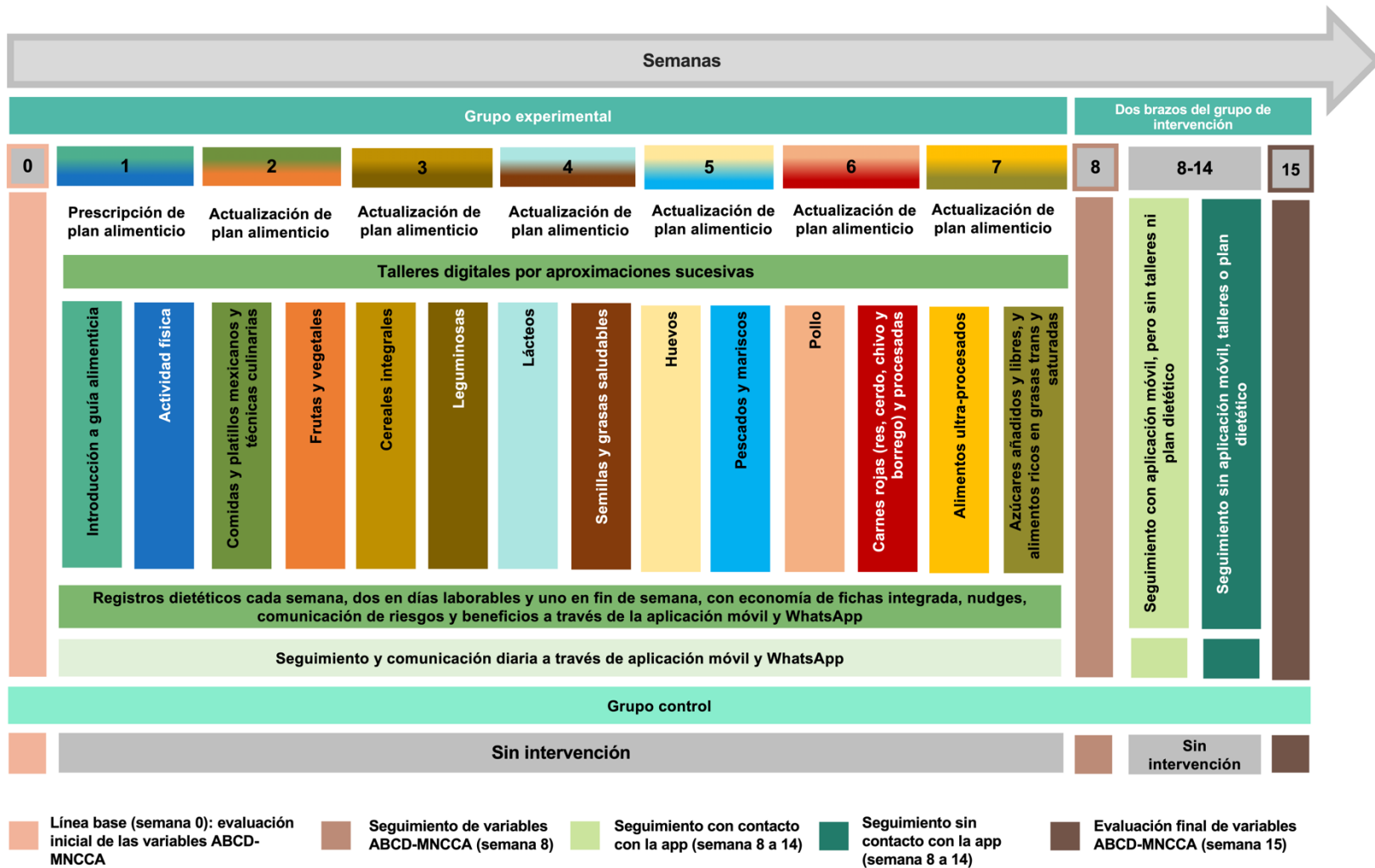


Figura 1. Esquema del diseño de investigación de la etapa 2. Nota. ABCD-MNCCA = antropométricos, bioquímicos, clínicos, dietéticos, medioambientales, nivel socioeconómico, conocimientos nutricionales-sostenibles, aspectos conductuales y de actividad física.

**Metodología**

## **ETAPA 3**

**Evaluación del efecto del programa de intervención sobre los indicadores medioambientales, biomarcadores metabólicos y microbiota intestinal**

## Evaluación del efecto del programa de intervención sobre los indicadores medioambientales, biomarcadores metabólicos y microbiota intestinal

Como última etapa del presente proyecto, se llevaron a cabo los análisis de laboratorio y las pruebas estadísticas correspondientes, para identificar el efecto del programa de intervención psico-nutricional-sostenible sobre las variables biológicas y medioambientales seleccionadas. A continuación, se describen los aparatos y materiales a emplear, así como el procedimiento desarrollado para esta etapa. El diseño de investigación de esta etapa se detalla en el apéndice electrónico 18.

### Procedimiento

Esta etapa del proyecto correspondió a la evaluación del efecto del programa de intervención sobre los indicadores biológicos y medioambientales seleccionados. Por lo que se llevaron a cabo tanto los análisis bioquímicos de los biomarcadores metabólicos y la microbiota intestinal como los análisis estadísticos. Los aparatos y materiales para la determinación de niveles de glucosa sérica, perfil lipídico y microbiota intestinal se presentan en el apéndice electrónico 19. Para el análisis de muestras sanguíneas, se siguió el protocolo empleado por Porchas-Quijada et al. (2019), donde se emplearon los kits del laboratorio Spinreact® S. A/S. A. U (Girona, España), y por medio de métodos enzimáticos colorimétricos se determinaron los valores de glucosa en ayunas (Cat. No. 1001190), colesterol total (Cat. No. 41022), colesterol LDL (Cat. No. BSIS51-E), colesterol HDL (Cat. No. BSIS37-E) y triglicéridos (Cat. No. 1001313). Los puntos de referencia de valores de glucosa y perfil lipídico fueron tomados de la normatividad vigente en México, que incluye la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus (DOF, 2010a) y la Norma Oficial Mexicana NOM-037-SSA2-2012, Para la prevención, tratamiento y control de las dislipidemias (DOF, 2012).

Para el análisis de la microbiota intestinal se utilizó el método de reacción en cadena de polimerasa cuantitativa en tiempo real (qPCR) (Rodríguez Lara, 2015; Rodríguez-Lara et al., 2022). Con este método se determinó la carga bacteriana y abundancia relativa de las principales bacterias presentes en el intestino como los Firmicutes y Bacteroidetes (Rinninella et al., 2019a), así como aquellas relacionadas con tipos de dietas particulares, por ejemplo, *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* que se relacionan con dietas saludables, vegetarianas y la mediterránea (Rinninella et al., 2019a; Senghor et al., 2018), *Faecalibacterium prausnitzii* que se relaciona con dietas saludables y un efecto antiinflamatorio (Medina-Vera et al., 2019; Meslier et al., 2020; Verhoog et al., 2019), al igual que la *Akkermansia muciniphila*, que además se relaciona con el consumo de la dieta prehispánica mexicana (Avila-Nava et al., 2017; Dao et al., 2016; Medina-Vera et al., 2019; Verhoog et al., 2019). También se identificó la presencia de *Prevotella copri* que es una de las bacterias más relacionadas con dietas basadas en plantas y se considera antiinflamatoria y moduladora de la glucosa (Asnicar et al., 2021). La presencia de *Bilophila wadsworthia* también se identificó, al estar relacionada con dietas con alto contenido de alimentos de origen animal, principalmente lácteos y carnes (Meslier et al., 2020), así como en las dietas occidentalizadas (Rinninella et al., 2019a; Zinöcker & Lindseth, 2018). Asimismo,

se analizó la presencia de *Clostridium coccoides*, por estar relacionada con la obesidad (Rodríguez Lara, 2015) y con un elevado consumo de grasa (Jamar et al., 2018). Finalmente, se incluyó la bacteria *Streptococcus thermophilus* por estar relacionada con el consumo de lácteos (Meslier et al., 2020).

La realización de este análisis se llevó a cabo empleando el método señalado por Rodríguez Lara (2015) y Rodríguez-Lara et al. (2022), que también se ha llevado a cabo en otros estudios en población mexicana (Chávez-Carbajal et al., 2019; Pérez-Monter et al., 2019). En primer lugar, se extrajo el ADN de las muestras de heces recolectadas, siguiendo el protocolo de purificación rápida de ADN genómico a partir de muestras de heces. Se utilizó el kit comercial de la marca Qiagen (1066790ES, EE. UU). Este procedimiento integró dos etapas: lisis y separación de impurezas de muestras de heces, para lo cual se empleó el Inhibitex Buffer y la purificación del ADN se llevó a cabo por medio de columnas de centrifugación. Las muestras de ADN bacteriano fueron almacenadas en microtubos de plástico estériles etiquetados (Eppendorf 1.6 mL) a una temperatura de -80°C hasta su posterior análisis. Enseguida se procedió a verificar la pureza del ADN y determinar su concentración mediante un espectrofotómetro NanoDrop Lite (Thermo Scientific, Waltham, MA, EE. UU.). Se colocó 1 µL del stock de ADN de cada muestra sobre el lente del equipo para realizar la lectura de la muestra a una longitud de onda de 260 nm para la cuantificación de ADN y a 280 nm para la cuantificación de proteínas. La pureza se determinó mediante el cálculo del índice realizado por el equipo, al dividir la lectura a 260 nm entre la lectura a 280 nm y se consideró aceptable en un rango de 1.5 a 2. La concentración de la muestra de coproADN purificado se midió mediante su relación de absorbancia de 260/280 nm utilizando el mismo espectrofotómetro. Este análisis correspondió al índice de absorbancia de los ácidos nucleicos y proporcionó la concentración final en ng/µL (Chávez-Carbajal et al., 2019; Hickl et al., 2019; Rodríguez Lara, 2015; Rodríguez-Lara et al., 2022).

Una vez concluidos los análisis anteriores, la identificación de la microbiota intestinal se llevó a cabo empleando la técnica molecular qPCR, en un termociclador con la plataforma StepOne Applied BioSystems, utilizando el reactivo SYBR Green como química de detección de ADN. Este reactivo se considera un agente que se intercala en la doble hélice de ADN y emite fluorescencia conforme se sintetizan las copias de ADN. Por lo tanto, a mayor concentración del ADN de interés (bacteriano) el equipo registra mayor señal de fluorescencia. En este caso, el análisis de interés se llevó a cabo en la región hipervariable V3-V4 del gen bacteriano 16S rRNA. Para este análisis se usaron los primers/iniciadores descritos en el apéndice electrónico 20. El procedimiento llevado a cabo con respecto a las corridas de qPCR, así como las condiciones y temperaturas específicas del análisis se presentan en las investigaciones de Rodríguez Lara (2015) y Rodríguez-Lara et al. (2022), que fungieron como la guía para el presente proyecto de investigación.

Una vez obtenidos los datos de los ciclos umbrales (Threshold cycle [CT]) de cada bacteria, se empleó la fórmula de Schmittgen y Livak (2008) para calcular la abundancia relativa de cada bacteria, respecto al primer Universal:

$$2^{-\Delta Ct} = 2^{-[Ct(Bacteria) - Ct(Universal)]}$$

Donde:

2 = El factor de 2 en esta fórmula proviene del hecho de que, en teoría, cada ciclo de PCR aumenta de manera exponencial (duplica) la cantidad de ADN presente en la muestra de origen.

$\Delta Ct$ = El símbolo delta ( $\Delta$ ) indica la diferencia entre los valores de los Ct a comparar.

Finalmente, y para evaluar los efectos del programa sobre los conocimientos nutricionales-sostenibles, se aplicó nuevamente el cuestionario COM-B, pero únicamente la sección sobre conocimientos nutricionales sostenibles (Macías & Glasauer, 2014; Médecins du Monde, 2011; OMS, 2008). Adicionalmente, se evaluó la adherencia de la población experimental a la dieta sostenible prescrita, con el índice descrito en el apéndice electrónico 16.

## **Análisis estadísticos**

En primer lugar, se analizó la normalidad de los datos, por grupo, por medio de la prueba de Shapiro Wilk e histogramas. Adicionalmente se analizó la homocedasticidad de las variables. En caso de obtener variables con distribución no normal, se optó por el uso de pruebas estadísticas no paramétricas, o en el caso de comparaciones donde únicamente una de las variables resultara con distribución no normal, los datos se transformaron logarítmicamente o empleando transformación Box-Cox, en el software estadístico SPSS V23®.

A fin de identificar la eficacia del programa de intervención, se llevaron a cabo comparaciones entre el grupo control y el grupo de intervención por medio de la prueba de comparación de U de Mann Whitney. Además, se llevaron a cabo comparaciones intragrupo durante las etapas del estudio por medio de la prueba Kruskal Wallis con una prueba de post-hoc de Dunn's. Para las variables categóricas se empleó la prueba de Chi cuadrada. Finalmente, se llevaron a cabo modelos de regresión lineal de efectos mixtos para evaluar los efectos de la intervención sobre los biomarcadores metabólicos, la microbiota intestinal, la huella hídrica y la huella de carbono. Para la validación de los cuestionarios se emplearon pruebas de Alpha de Cronbach. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo empleando el paquete STATA V12® y GraphPad Prism 10®. En el apéndice electrónico 21 se muestran los objetivos analíticos del estudio y las pruebas estadísticas empleadas en cada una de las variables de estudio.

## **Consideraciones éticas y de bioseguridad**

Este proyecto se llevó a cabo bajo normatividades éticas tanto nacionales como internacionales. En primer lugar, fue aprobado por el Comité de Ética del Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento, del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, con el folio CUCBA/CEIC/CE/002/2022 (Anexo 2). Así mismo, el protocolo fue registrado ante el Comité Técnico de Investigación del Centro Universitario del Sur, con el folio 2021D001. Adicionalmente, el proyecto fue registrado ante ClinicalTrials.gov, con el número de registro: NCT05457439.

Cabe señalar que el estudio se llevó a cabo bajo la declaración de Helsinki de principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de la Asociación Médica Mundial (Asociación

Médica Mundial, 2017; Comisión Nacional de Bioética [Conbioética], 2004). Así mismo, este proyecto se apegó a los lineamientos establecidos en la última reforma publicada de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, por lo que los métodos propuestos se consideraron de riesgo mínimo, al no rebasar las cantidades sugeridas de extracción sanguínea (450 ml más de dos veces por semana), recolección de heces y toma de datos clínicos y dietéticos. Sin embargo, dado que a los participantes se les proporcionaron una serie de recomendaciones nutricionales, que pueden considerarse terapéuticas, la intervención se consideró de riesgo mayor al mínimo y la prescripción nutricional fue supervisada por un comité de expertos que avalaron la seguridad de esta, a fin de evitar riesgos a los participantes (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014).

Adicionalmente, es preciso mencionar que el presente proyecto respeta los lineamientos establecidos en el artículo 21 y 22 referentes al consentimiento informado, el cual se muestra en el Apéndice electrónico 22. En él se especifica que la participación de los sujetos fue totalmente voluntaria y tuvieron la oportunidad de retirarse del estudio en el momento que lo desearan, respetando lo estipulado en los artículos 57 y 58 de la Ley General de Salud en materia de investigación (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014).

Es importante mencionar que este proyecto cumplió con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humano (DOF, 2013b) y con la declaración de Helsinki de principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de la Asociación Médica Mundial (Asociación Médica Mundial, 2017; Conbioética, 2004). También se siguieron las pautas establecidas en el manual de buenas prácticas médicas (Conbioética, 2018a), lo estipulado en la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos (Conbioética, 2005), lo descrito en el Convenio de Asturias de Bioética (Conbioética, 1997), así como con lo establecido en el Código de Nuremberg (Conbioética, 2018b). Finalmente, se debe señalar que este estudio no tiene ningún conflicto de intereses.

## **Confidencialidad**

La identidad de los participantes que aceptaron participar en este estudio fue protegida por medio de un sistema de clasificación por códigos y la información personal obtenida durante la investigación se mantiene bajo los lineamientos establecidos por la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2010).

## **Bioseguridad**

Se siguió un protocolo estricto de bioseguridad, donde se portó cubre bocas en todo momento, tanto por parte del personal evaluador como de los participantes. Así mismo, el personal de recolección de muestras portó lentes de protección y guantes estériles y se llevaron a cabo desinfecciones constantes del área de trabajo. Además, los residuos biológicos peligrosos se tiraron en un bote de basura especial de acuerdo con lo estipulado por la Secretaría de Salud (2020).

**RESULTADOS**



Resultados

## ETAPA 1

**Diagnóstico y desarrollo de la intervención**

## Diagnóstico nutricional y medioambiental de la población

A continuación, se presentan los resultados de la primera evaluación y diagnóstico de la presente tesis.

### Evaluación y diagnóstico 1

#### Características de los participantes

La edad promedio fue de  $33.55 \pm 15.57$  años y el 64.30% de la población fueron mujeres. El IMC promedio indicó que la población, en promedio, tiene sobrepeso. Sin embargo, según el porcentaje promedio de grasa corporal, los hombres y las mujeres se clasificaron como obesos. El perímetro de cintura promedio también indicó obesidad abdominal en ambos sexos. La grasa visceral promedio fue excesiva solo en hombres y la relación cintura-cadera promedio fue normal en ambos sexos. Todas las variables de adiposidad estuvieron positivamente correlacionadas con el IMC (Tabla 2).

**Tabla 2. Características demográficas y de composición corporal y análisis correlacional de los datos de la muestra total con respecto a los indicadores de adiposidad**

Características	Muestra total	<i>rho</i>	Valor de <i>p</i>	Hombres	Mujeres	Valor de <i>p</i>
	n (%)			n (%)	n (%)	
Muestra total	395 (100)	-	-	141 (35.70)	254 (64.30)	<b>&lt;0.001<sup>2</sup></b>
Sexo		-	-			
Hombres	141 (35.70)	-	-	-	-	-
Mujeres	254 (64.30)	-	-	-	-	-
Edad	$33.55 \pm 15.57$	-	-	$35.35 \pm 16.23$	$32.56 \pm 15.14$	<b>0.043<sup>3</sup></b>
Peso (kg)	$70.44 \pm 14.96$	-	-	$80.58 \pm 13.04$	$64.81 \pm 12.85$	<b>&lt;0.001<sup>3</sup></b>
Estatura (cm)	$164.55 \pm 8.87$	-	-	$172.53 \pm 6.75$	$160.12 \pm 6.48$	<b>&lt;0.001<sup>3</sup></b>
IMC (kg m <sup>-2</sup> )	$25.91 \pm 4.58$	-	-	$26.97 \pm 3.7$	$25.33 \pm 4.91$	<b>&lt;0.001<sup>3</sup></b>
PG (%)	$34.07 \pm 8.76$	0.522 <sup>1</sup>	<b>&lt;0.001<sup>1</sup></b>	$27.8 \pm 6.89$	$37.55 \pm 7.69$	<b>&lt;0.001<sup>3</sup></b>
CC (cm)	$85.34 \pm 12.63$	0.859 <sup>1</sup>	<b>&lt;0.001<sup>1</sup></b>	$92.32 \pm 11.59$	$81.47 \pm 11.49$	<b>&lt;0.001<sup>3</sup></b>
GV (kg)	$8.40 \pm 3.97$	0.736 <sup>1</sup>	<b>&lt;0.001<sup>1</sup></b>	$9.69 \pm 4.17$	$7.69 \pm 3.67$	<b>&lt;0.001<sup>3</sup></b>
ICC	$0.84 \pm 0.08$	0.542 <sup>1</sup>	<b>&lt;0.001<sup>1</sup></b>	$0.89 \pm 0.07$	$0.80 \pm 0.06$	<b>&lt;0.001<sup>3</sup></b>
CCa (cm)	$101.66 \pm 8.77$	-	-	$102.72 \pm 6.86$	$101.08 \pm 9.63$	<b>0.005<sup>3</sup></b>
MM (kg)	$27.21 \pm 6.30$	-	-	$33.22 \pm 4.56$	$23.87 \pm 4.36$	<b>&lt;0.001<sup>3</sup></b>

Índice de Masa Corporal (IMC), Porcentaje de Grasa Corporal (PG), Circunferencia de Cintura (CC), Grasa Visceral (GV), Relación Cintura-Cadera (RCC), Circunferencia de Cadera (CCa) y Masa Muscular (MM)

Indicadores de adiposidad: PG, CC, GV, RCC en relación con el IMC

<sup>1</sup> Prueba de correlación de Spearman entre IMC e indicadores de adiposidad

<sup>2</sup> Prueba de Chi-cuadrado

<sup>3</sup> Prueba U de Mann-Whitney

Se consideró significancia estadística con  $p \leq 0.05$  y se muestra en negritas Intervalo de confianza del 95%

#### Huella hídrica de la dieta e ingesta calórica

La Tabla 3 muestra el promedio de alimentos consumidos en la dieta de la muestra, así como la ingesta calórica reportada, que superó las 2415 calorías por persona por día (kcal p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>) con una variación de más de 897 kcal p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>. Este consumo generó una huella hídrica total promedio de 6,056, que presentó una desviación estándar considerablemente alta (más de 2,719 L p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>) y valores máximos que superaron los 1,8400 L p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>, lo cual está relacionado con el tipo y las cantidades de alimentos consumidos, como se explicará más adelante. La mediana identificada fue de 5,439 L p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>. La huella hídrica verde representó el 83.22% de la huella hídrica total de la dieta, la huella hídrica azul representó el 8.98%, y la huella hídrica gris contribuyó con la proporción más baja con un 7.78%.

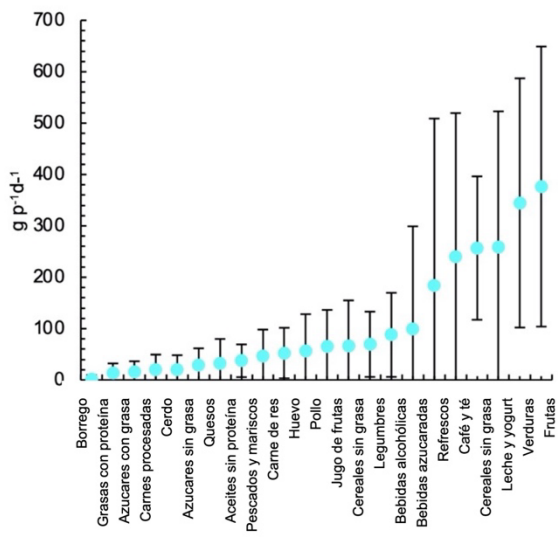
**Tabla 3. Ingesta dietética y energética y su huella hídrica**

Indicador	Muestra total		
	Promedio $\pm$ DE	Mediana	Min - Max
Consumo de alimentos ( $\text{g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ )	2378.76 $\pm$ 885.47	2257.17	920.87 - 7299.18
Ingesta calórica ( $\text{Kcal p}^{-1}\text{d}^{-1}$ )	2415.44 $\pm$ 897.62	2225.00	1203.62 - 8803.01
Huella hídrica total ( $\text{L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ )	6055.89 $\pm$ 2719.25	5439.00	2103.88 - 18481.17
Huella hídrica verde ( $\text{L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ )	4952.51 $\pm$ 2287.08	4449.74	1646.92 - 14840.68
Huella hídrica azul ( $\text{L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ )	534.88 $\pm$ 217.54	479.05	225.35 - 1992.68
Huella hídrica verde ( $\text{L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ )	463.2 $\pm$ 192.01	410.29	212.52 - 1873.75

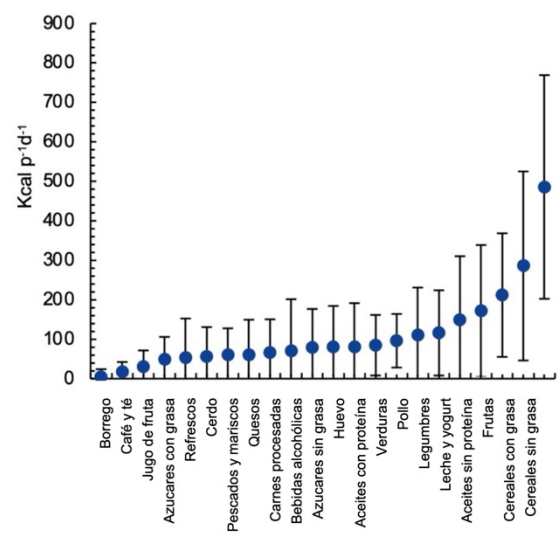
DE = Desviación estándar; Min = mínimo; Max = Máximo.

Como se muestra en la Figura 2A, el grupo de alimentos más consumido fue el de las frutas, representando el 15.83% del consumo total de alimentos, seguido de las verduras, que representaron el 14.49% del consumo total de alimentos, y la leche y el yogurt, que representaron el 10.88% del consumo total de alimentos. Sin embargo, los cereales sin grasa, como las tortillas de maíz, el pan y el arroz, representaron la mayor ingesta calórica con un 20.11% de la ingesta energética total, seguidos de los cereales con grasa, como la pizza, el pan industrializado con azúcares y las papas fritas, con un 11.82% de la ingesta energética total, y las frutas, que representaron el 8.76% de la ingesta energética total (Figura 2B). Los primeros cereales representaron solo el 4.64% de la huella hídrica total, mientras que la leche y el yogurt representaron el 11.13%, las frutas el 6.90%, el pollo el 6.85% y los cereales con grasa representaron el 6.48%. Sin embargo, la carne de res fue el alimento con la huella hídrica más alta, contribuyendo con el 24.67% de la huella hídrica total (Figura 2C).

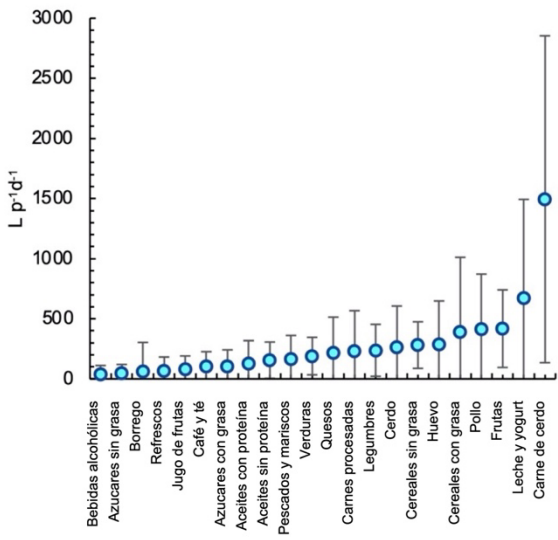
En general, los componentes de la huella hídrica se distribuyeron de manera equitativa en todos los grupos de alimentos, siendo la huella hídrica verde la de mayor proporción respecto a la huella hídrica total. Alcanzando el 97.32% en el caso del borrego, el 93.88% en café y té, el 92.41% en azúcares con grasa, y el 92.96% en el caso de la carne de res. La huella hídrica verde más baja se encontró en las verduras con un 57.20% y en los aceites proteicos con un 60.86%. La huella hídrica azul fue el segundo mayor contribuyente a la huella hídrica total, excepto en los casos de pollo, huevos, legumbres, cereales sin grasa, verduras, café y té, y jugo de frutas, donde la huella hídrica gris fue mayor que la azul. La menor proporción de huella hídrica azul se encontró en la carne de res con un 4.12%. De toda la huella hídrica azul de los grupos de alimentos, las verduras, frutas, pescado y mariscos, y aceites proteicos fueron los grupos de alimentos con la mayor proporción de huella hídrica azul con un 17.66%, 18.64%, 21.00%, y 23.86% respectivamente. En el caso de la huella hídrica gris, las verduras, el jugo de frutas, los aceites proteicos y los cereales sin grasa fueron los grupos de alimentos con la mayor proporción de huella hídrica gris, con un 25.15%, 15.56%, 15.28%, y 14.70% respectivamente (Figura 2D).



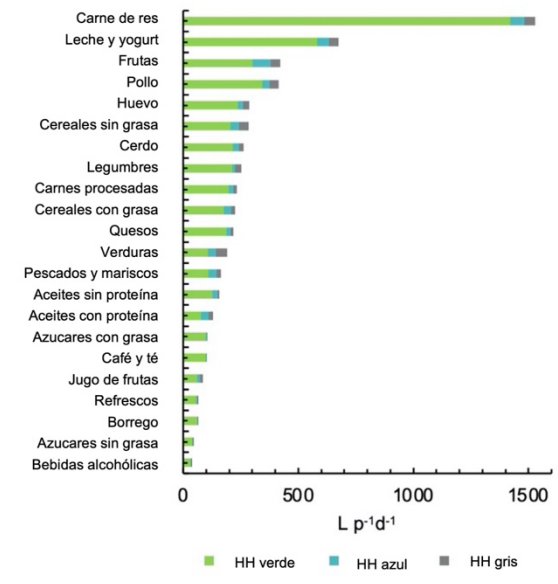
(A) Gramos o mililitros consumos



(B) Calorías consumidas



(C) Huella hídrica total de la dieta



(D) Huella hídrica (HH) verde, azul y gris de la dieta

Figura 2. Ingesta dietética y calórica y huella hídrica verde, azul, gris y total de la dieta mexicana

Como se muestra en el modelo de la Tabla 4, la ingesta dietética está altamente relacionada con la huella hídrica total ( $R^2 = 0.945$ ,  $p < 0.001$ ), especialmente en el caso de la carne de res, borrego, cerdo y carnes procesadas. En todos los casos se encontró significancia estadística, excepto en azúcares sin grasa, azúcares con grasa, café y té, refrescos y bebidas alcohólicas.

**Tabla 4. Modelo de regresión lineal múltiple entre la huella hídrica y la ingesta dietética por grupos de alimentos**

	R-cuadrada = 0.945 R-cuadrada ajustada = 0.942 p <0.001				
	$\beta$	Error estándar	t	Valor de p	[95% IC]
Leche y yogur	2.87	0.13	22.42	<0.000	2.62 - 3.13
Quesos	5.76	0.78	7.42	<0.000	4.23 - 7.28
Huevos	4.22	0.53	7.95	<0.000	3.17 - 5.26
Pollo	6.35	0.52	12.28	<0.000	5.33 - 7.37
Carne de res	29.40	0.83	35.35	<0.000	27.77 - 31.04
Cerdo	11.66	1.34	8.73	<0.000	9.03 - 14.29
Carnes procesadas	12.44	1.25	9.96	<0.000	9.98 - 14.9
Borrego	32.01	4.59	6.97	<0.000	22.98 - 41.04
Pescados y Mariscos	2.83	0.76	3.71	<0.000	1.33 - 4.33
Verduras	0.73	0.16	4.56	<0.000	0.42 - 1.04
Frutas	0.78	0.15	5.14	<0.000	0.48 - 1.08
Legumbres	4.49	0.46	9.86	<0.000	3.59 - 5.38
Cereales sin grasa	0.64	0.28	2.29	0.023	0.09 - 1.18
Cereales con grasa	6.68	0.60	11.07	<0.000	5.5 - 7.87
Aceites sin proteínas	3.88	1.19	3.27	<0.001	1.55 - 6.22
Aceites proteicos	10.11	1.91	5.29	<0.000	6.35 - 13.87
Azúcares sin grasa	0.00	1.09	0.00	0.997	-2.15 - 2.15
Azúcares con grasa	1.78	1.89	0.94	0.348	-1.94 - 5.5
Zumo de frutas	0.93	0.40	2.33	0.020	0.15 - 1.72
Café y te	0.06	0.14	0.43	0.665	-0.21 - 0.33
Bebidas sin alcohol	0.20	0.11	1.90	0.058	-0.01 - 0.41
Bebidas alcohólicas	0.20	0.17	1.17	0.242	-0.14 - 0.54

La significancia estadística se consideró en  $p \leq 0,05$  y está en negrita. Intervalo de confianza (IC) al 95%

## Huella hídrica dietética y su relación con la obesidad

El grupo de exceso de adiposidad lo conformó el 51.90% de la muestra. Las mujeres predominaron en ambos grupos. La edad promedio fue mayor en el grupo de exceso de adiposidad. Todos los datos de composición corporal fueron estadísticamente diferentes en ambos grupos, excepto la masa muscular (Tabla 5).

**Tabla 5. Análisis comparativo de las características demográficas y de composición corporal de la población de acuerdo con su nivel de adiposidad**

Características	Adiposidad normal	Exceso de adiposidad	Valor de p
	n (%)	n (%)	
Muestra total	190 (48.10)	205 (51.90)	<0.001 <sup>1</sup>
Sexo			
Hombres	51 (26.84)	90 (43.91)	<0.001 <sup>2</sup>
Mujeres	139 (73.15)	115 (56.09)	<0.001 <sup>2</sup>
Edad	29.59 ± 14.72	37.22 ± 15.48	<0.001 <sup>2</sup>
Peso (kg)	59.98 ± 8.90	80.13 ± 12.74	<0.001 <sup>2</sup>
Estatura (cm)	163.37 ± 7.67	165.65 ± 9.74	0.016 <sup>2</sup>
IMC (kg m <sup>-2</sup> )	22.30 ± 2.07	29.26 ± 3.62	<0.001 <sup>2</sup>
PG (%)	29.91 ± 7.16	37.93 ± 8.34	<0.001 <sup>2</sup>
CC (cm)	76.62 ± 8.36	93.42 ± 10.35	<0.001 <sup>2</sup>
GV (kg)	6.01 ± 2.67	10.62 ± 3.68	<0.001 <sup>2</sup>
ICC	0.80 ± 0.07	0.87 ± 0.08	<0.001 <sup>2</sup>
CCa (cm)	95.62 ± 5.32	107.27 ± 7.53	<0.001 <sup>2</sup>
MM (kg)	26.77 ± 6.78	27.61 ± 5.81	0.254 <sup>2</sup>

Índice de Masa Corporal (IMC), Porcentaje de Grasa Corporal (PG), Circunferencia de Cintura (CC), Grasa Visceral (GV), Relación Cintura-Cadera (RCC), Circunferencia de Cadera (CCa) y Masa Muscular (MM)

Indicadores de adiposidad: PG, CC, GV, RCC en relación con el IMC

<sup>1</sup> Prueba de correlación de Spearman entre IMC e indicadores de adiposidad

<sup>2</sup> Prueba de Chi-cuadrado

<sup>3</sup> Prueba U de Mann-Whitney

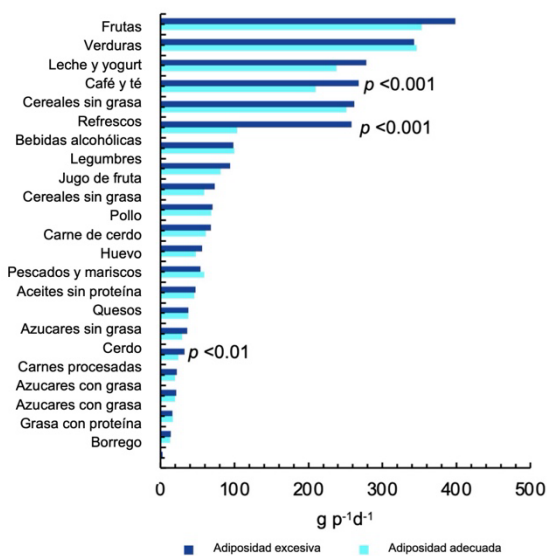
Se consideró significancia estadística con  $p \leq 0.05$  y se muestra en negritas Intervalo de confianza del 95%

Como se puede observar en la Figura 3A, la ingesta dietética del grupo con exceso de adiposidad resultó ser mayor en casi todos los grupos de alimentos, especialmente en el consumo de café y té ( $p < 0.005$ ), la ingesta de refrescos ( $p < 0.001$ ) y el consumo de azúcares sin grasa ( $p < 0.01$ ). Los únicos grupos de alimentos donde se encontró una tendencia de mayor ingesta en el grupo de adiposidad normal fueron las verduras ( $p = 0.592$ ), bebidas alcohólicas ( $p = 0.286$ ), huevos ( $p = 0.196$ ), aceites sin proteína ( $p = 0.970$ ) y azúcares con grasa ( $p = 0.189$ ). Sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

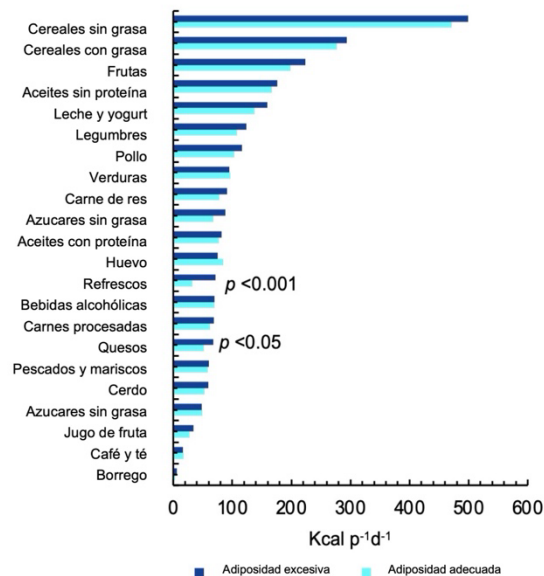
La ingesta calórica de refrescos ( $p < 0.001$ ) y las calorías del consumo de queso ( $p < 0.05$ ) fueron más altas en el grupo con exceso de adiposidad. En casi todos los grupos de alimentos, la ingesta de energía fue mayor en el grupo con exceso de adiposidad, excepto en el caso de las verduras ( $p = 0.470$ ), los huevos ( $p = 0.111$ ), los azúcares con grasa ( $p = 0.242$ ) y el café y té ( $p = 0.826$ ) (Figura 3B).

Como se mencionó antes, la huella hídrica total de la dieta de los grupos de adiposidad fue estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ). El grupo de adiposidad normal presentó una huella hídrica total un 13% menor que el grupo con exceso de adiposidad (Figura 3C). Los componentes de la huella hídrica fueron similares en ambos grupos, solo las huellas hídricas azul y gris fueron ligeramente mayores en el grupo de adiposidad normal (9.12% y 7.91% respectivamente) en comparación con el grupo con exceso de adiposidad (8.88% y 7.67% respectivamente). La huella hídrica verde fue mayor en el grupo con exceso de adiposidad (83.44% vs 82.97%).

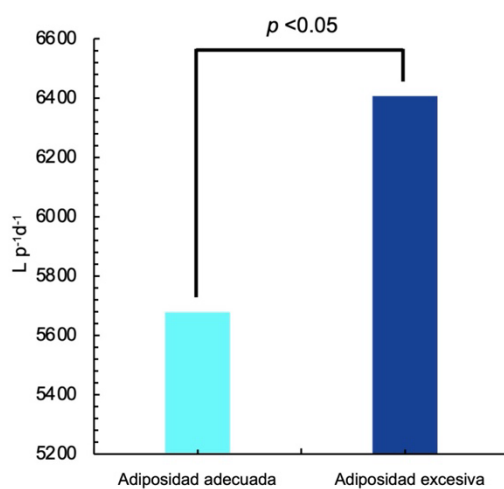
En cuanto a la huella hídrica total por grupos de alimentos, en la Figura 3D es posible observar que la huella hídrica total de los quesos ( $p < 0.05$ ), los refrescos ( $p < 0.05$ ) y el borrego ( $p < 0.05$ ) fue mayor en el grupo con exceso de adiposidad. En casi todos los grupos de alimentos, la huella hídrica del grupo con exceso de adiposidad fue mayor, alcanzando diferencias de más de 230 L  $p^{-1}d^{-1}$  en el caso de la carne de res o 108 L  $p^{-1}d^{-1}$  en el caso de la leche y yogurt. Los únicos grupos de alimentos donde el grupo de adiposidad normal presentó una tendencia de mayor huella hídrica fueron los huevos ( $p = 0.155$ ), las verduras ( $p = 0.543$ ), los azúcares con grasa ( $p = 0.075$ ), los aceites con proteínas ( $p = 0.394$ ) y los aceites sin proteínas ( $p = 0.972$ ).



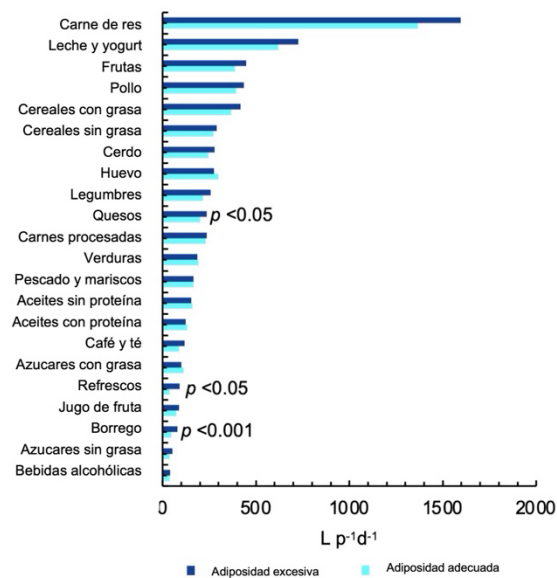
(A) Consumo de grupos de alimentos por grupo de adiposidad



(B) Ingesta calórica por grupo de adiposidad



(C) Huella hídrica total por grupos de adiposidad



(D) Huella hídrica total por grupo de adiposidad

**Figura 3. Ingesta alimentaria y calórica y su huella hídrica por grupos de alimentos en los grupos de adiposidad. Nota: Se consideró significancia estadística  $p \leq 0,05$**

El análisis de regresión logística binaria reportando Odds Ratios, mostró que tener exceso de grasa visceral produce 4.77 veces ( $p < 0.001$ ) mayor riesgo de que la dieta mexicana supere la huella hídrica de las dietas saludables promedio ( $2,714 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ). El IMC, el porcentaje de grasa corporal, la circunferencia de la cintura y el índice cintura-cadera no fueron estadísticamente significativos (Tabla 6).

**Tabla 6. Análisis de regresión logística binaria reportando odds ratios de riesgo de gasto de agua con respecto a la huella hídrica promedio de una dieta saludable y los indicadores de adiposidad**

	OR	Error estándar	z	Valor de p	Valor de p: <b>0.008</b> [95% IC]
IMC (kg m <sup>-2</sup> )	1.11	0.46	0.25	0.805	0.49 - 2.48
PG (%)	0.64	0.28	-1.02	0.308	0.27 - 1.51
CC (cm)	0.87	0.40	-0.30	0.765	0.36 - 2.13
GV (kg)	4.77	2.18	3.42	<b>&lt;0.001</b>	1.95 - 11.67
RCC	0.57	0.23	-1.41	0.158	0.26 - 1.24

Índice de Masa Corporal (IMC), Porcentaje de Grasa Corporal (PG), Circunferencia de Cintura (CC), Grasa Visceral (GV), Relación Cintura-Cadera (RCC), Circunferencia de Cadera (CCa) y Masa Muscular (MM)

Indicadores de adiposidad: PG, CC, GV, RCC en relación con el IMC

<sup>1</sup> Prueba de correlación de Spearman entre IMC e indicadores de adiposidad

<sup>2</sup> Prueba de Chi-cuadrado

<sup>3</sup> Prueba U de Mann-Whitney

Se consideró significancia estadística con  $p \leq 0.05$  y se muestra en negritas Intervalo de confianza (IC) del 95%

## Huella hídrica dietética y su relación con recomendaciones dietéticas

La Tabla 7 muestra los riesgos identificados de exceder la huella hídrica dietética de la dieta saludable definida en este estudio por superar las porciones máximas recomendadas de consumo recomendadas para México. Un consumo que excede la porción máxima recomendada de carnes rojas, incluyendo carne de res, cerdo, borrego y carnes procesadas ( $\leq 71.42 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) representa un riesgo significativo 92.93 veces ( $p < 0.001$ ) mayor de exceder la huella hídrica de la dieta saludable. Asimismo, exceder el consumo de otros alimentos de origen animal, como leche y yogurt, queso, genera riesgos hasta 13.33 veces ( $p < 0.001$ ) mayores de superar la huella hídrica de la dieta saludable. También se encontró que exceder la porción recomendada de consumo de jugos de frutas naturales e industrializados generaba un riesgo hasta 4.64 veces mayor de exceder la huella hídrica de la dieta saludable ( $p = 0.041$ ). Por el contrario, cumplir con las raciones recomendadas de pescado ( $p < 0.001$ ), frutas y verduras ( $p = 0.005$ ), y cereales sin grasa ( $p = 0.011$ ) genera un factor protector para la generación de una huella hídrica igual o menor a la de la dieta saludable identificada en esta tesis (Tabla 7).



**Tabla 7. Análisis de regresión logística binaria reportando Odds Ratios de riesgo del gasto de agua con respecto a la huella hídrica promedio de una dieta saludable y el cumplimiento de las recomendaciones dietéticas mexicanas**

	OR	Error estándar	z	Valor de p	p <0.001 [95% CI]
Leche y yogur	13.33	8.08	4.27	<b>&lt;0.001</b>	4.06 - 43.74
Quesos	3.31	1.99	2.00	<b>0.046</b>	1.02 - 10.73
Aves y huevos	1.99	0.89	1.54	0.124	0.83 - 4.77
Carne roja	92.93	81.41	5.17	<b>&lt;0.001</b>	16.69 - 517.47
Pescados y mariscos	0.23	0.10	-3.28	<b>&lt;0.001</b>	0.09 - 0.55
Frutas y vegetales	0.21	0.12	-2.80	<b>0.005</b>	0.07 - 0.63
Legumbres	0.47	0.21	-1.70	0.089	0.19 - 1.12
Cereales sin grasa	0.33	0.14	-2.53	<b>0.011</b>	0.14 - 0.78
SFC, FS y NFS	0.59	0.36	-0.86	0.387	0.18 - 1.94
Nueces	0.65	0.29	-0.98	0.329	0.28 - 1.54
Zumo de frutas	4.64	3.49	2.04	<b>0.041</b>	1.06 - 20.25
Bebidas sin alcohol	1.13	0.48	0.28	0.776	0.49 - 2.61
Bebidas alcohólicas	0.73	0.35	-0.66	0.509	0.29 - 1.85

SFC: Cereales con grasas y/o azúcares

FS: Azúcares grasos

NFS: Azúcares no grasos

1Incluye jugo de frutas naturales e industrializados

La significancia estadística se consideró en  $p \leq 0,05$  y está en negrita.

Intervalo de confianza al 95%

## Evaluación y diagnóstico 2

### Características de los participantes

Como se muestra en la Tabla 8, la muestra final se compuso por 400 adultos (54.75% mujeres). La edad promedio fue de  $38.12 \pm 15.20$  años (mediana 37). Se estudiaron tres áreas de la Zona Metropolitana de Guadalajara (la ciudad de Guadalajara, Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga), de las cuales el 53% reportó vivir en la ciudad de Guadalajara, el 32% en Zapopan y el resto en Tlajomulco de Zúñiga (15%). El 75.75% y el 62% fueron identificados en los niveles educativos y ocupacionales más altos, respectivamente. La mayoría de la muestra reportó un salario mensual entre 11,600 y 34,999 pesos mexicanos (583 – 1760 dólares estadounidenses).

**Tabla 8. Características sociodemográficas y socioeconómicas de la muestra**

	n (%)
Total	400
<b>Sexo</b>	
Mujer	219 (54.75)
Hombres	181 (45.25)
<b>Edad</b>	
Edad promedio	38.12
Desviación Estándar	15.20
Mediana	37
Mínimo	18
Máximo	74
<b>Zona residencial</b>	
Guadalajara	212 (53)
Zapopan	129 (32.25)
Tlajomulco de Zúñiga	59 (14.75)
<b>Nivel educacional</b>	
Sin estudios	1 (0.25)
Básico	13 (3.25)
Medio	72 (18)
Alto	303 (75.75)
No reportado	11 (2.75)
<b>Nivel ocupacional</b>	
Bajo	101 (25.25)
Medio	51 (12.75)
Alto	248 (62)
<b>Ingreso mensual</b>	
0 - 2,699	76 (19)
2.700 - 6.799	59 (14.75)
6.800 - 11.599	95 (23.75)
11.600 - 34.999	149 (37.25)
35.000 - 84.999	15 (3.75)
+ 85.000	6 (1.50)

### Composición corporal, prevalencia de patologías y actividad física

El IMC promedio fue de  $27.11 \pm 5.04$  con una mediana de 26.55. Según su IMC, el 58.25% de la población fue identificada como con sobrepeso (37.75%) u obesidad (20.50%). En cuanto al porcentaje de grasa corporal, el 86% fue identificado con un exceso de adiposidad. Las mujeres presentaron niveles más altos de porcentaje de grasa corporal (promedio  $\pm$  desviación estándar =  $39.46 \pm 7.52$ , mediana = 39.90) que los hombres ( $29.08 \pm 7.01$ , 29.90) ( $p < 0.0001$ ). Se identificó una masa muscular baja en el 47.75% de la muestra. Contrario al porcentaje de grasa corporal, la masa muscular fue mayor en hombres ( $33.08 \pm 4.74$ , 32.40) en comparación con mujeres ( $24.78 \pm 3.02$ , 24.60) ( $p < 0.0001$ ). El 36.50% fue encontrado con parámetros de exceso de grasa visceral, mientras que el 62% presentó una circunferencia de cintura alta, según su sexo. Tanto en grasa visceral como

en circunferencia de cintura, los hombres presentaron niveles más altos que las mujeres ( $p < 0.0001$ ). Las patologías más prevalentes fueron la hipertensión y la diabetes tipo 2, pero el 57.50% reportó no tener una enfermedad o no saber que tiene una enfermedad. En cuanto a la actividad física, se identificó que el 54% de la población se considera sedentaria o realiza niveles bajos de actividad física. De la población que realiza niveles moderados a altos de actividad física, solo el 12% reportó realizar ejercicio anaeróbico, como el levantamiento de pesas. Los datos detallados están presentes en la Tabla 9 y Tabla 10.

**Tabla 9. Composición corporal, prevalencia de patologías y características de la actividad física de la muestra**

	n (%)
<b>Índice de masa corporal</b>	
Bajo peso	8 (2)
Peso normal	151 (37.75)
Sobrepeso	151 (37.75)
Obesidad I	65 (16.25)
Obesidad II	17 (4.25)
Obesidad III	8 (2)
<b>Porcentaje de grasa corporal</b>	
Bajo	8 (2)
Normal	48 (12)
Excesivo	47 (11.75)
Obesidad	297 (74.25)
<b>Porcentaje de masa muscular</b>	
Bajo	191 (47.75)
Adecuado	186 (46.50)
Alto	23 (5.75)
<b>Grasa visceral</b>	
Adecuado	254 (63.50)
Alto	146 (36.50)
<b>Circunferencia de la cintura</b>	
Adecuado	152 (38)
Alto	248 (62)
<b>Prevalencia de patologías.</b>	
Ninguno (reportado o no saber tenerlo)	230 (57.50)
Hipertensión	27 (6.75)
Diabetes tipo 2	19 (4.75)
Colitis	17 (4.25)
Gastritis	12 (3)
Hipotiroidismo	9 (2.25)
Dislipidemias	4 (1)
Enfermedades psiquiátricas	5 (1.25)
Enfermedades reumáticas	4 (1)
Cáncer	5 (1.25)
Otros	40 (10)
No reportado	61 (15.25)
<b>Actividad física</b>	
Baja	2116 (54)
Moderada	125 (31.25)
Alta	59 (14.75)
<b>Tipo de actividad física</b>	
Aeróbica suave	236 (59)
Aeróbica moderada a intensa	116 (29)
Anaeróbica	48 (12)

**Tabla 10. Análisis descriptivo de los datos antropométricos y de composición corporal de los participantes**

Indicador	Muestra total		Hombres		Mujeres		Valor de p*
	n (%) = 400 (100)		n (%) = 181 (45.25)		n (%) = 219 (54.75)		
	Promedio ± DE	Mediana	Promedio ± DE	Mediana	Promedio ± DE	Mediana	
Peso (kg)	74.37 ± 15.82	73.30	83.01 ± 14.43	81.80	67.22 ± 13.14	65.90	<0.0001
Estatura(cm)	165.51 ± 9.36	165.00	172.47 ± 7.14	173.00	159.74 ± 6.68	160.00	<0.0001
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27.11 ± 5.04	26.55	27.87 ± 4.39	27.60	26.48 ± 5.46	25.70	<0.0001
PG (%)	34.76 ± 8.94	34.60	29.08 ± 7.01	29.90	39.46 ± 7.52	39.90	<0.0001
MM (%)	28.54 ± 5.68	27.40	33.08 ± 4.74	32.40	24.78 ± 3.02	24.60	<0.0001
TM (kcal)	1539.78 ± 258.89	1481.00	1752.26 ± 203.58	1745.00	1364.17 ± 141.38	1342.00	<0.0001
EM (años)	47.89 ± 16.87	49.00	50.71 ± 16.51	53.00	45.54 ± 16.85	46.00	0.0027
GV	8.6 ± 4.25	8.00	10.72 ± 4.49	10.00	6.84 ± 3.079	6.00	<0.0001
CC (cm)	88.68 ± 13.71	87.60	95.21 ± 12.79	95.90	83.27 ± 12.01	82.00	<0.0001
CCa (cm)	103.17 ± 8.78	103.00	103.54 ± 7.51	103.00	102.85 ± 9.71	102.00	0.1966

DE = Desviación estándar.

Índice de Masa Corporal (IMC), Porcentaje de Grasa Corporal (PG), Masa Muscular (MM), Tasa Metabólica (TM), Edad metabólica (EM), Grasa Visceral (GV), Circunferencia de Cintura (CC), y Circunferencia de Cadera (CCa)

\* valor de p de la comparación de datos antropométricos y de composición corporal entre sexos mediante la prueba U de Mann Whitney; DE: Desviación Estándar. p < 0,05 en negrita.

## Ingesta dietética

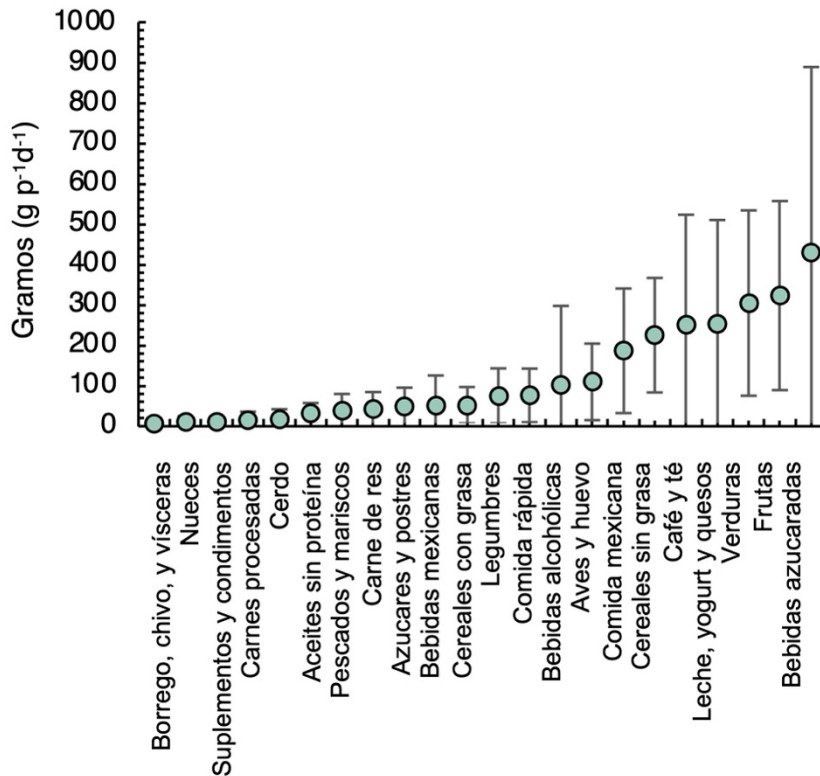
La Tabla 11 presenta la ingesta de nutrientes de la población y la adecuación de nutrientes por sexo. En general, todos los nutrientes presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a las recomendaciones de ingesta de nutrientes mexicanos. Solo la ingesta de selenio no mostró diferencias. En la mayoría de los casos, se observó una tendencia al sobreconsumo, excepto en el caso de la fibra, los ácidos grasos monoinsaturados, los ácidos grasos poliinsaturados, el potasio, el ácido fólico y el etanol. Respecto a la adecuación de nutrientes y energía, tanto la ingesta de energía como los carbohidratos, azúcar, proteínas, lípidos, grasas saturadas y colesterol superan la ingesta de nutrientes recomendada para México en ambos sexos. Las adecuaciones de micronutrientes muestran un exceso de consumo de calcio, fósforo, hierro, magnesio, sodio, zinc, selenio, vitamina A, ácido ascórbico, tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina y cobalamina.

**Tabla 11. Descripción nutricional y adecuación del patrón dietético**

Variable	Patrón dietético								p+	p*
	Promedio	DE	Mediana	Adecuación						
				Hombres		Mujeres				
g/kcal/mg	g/kcal/mg	g/kcal/mg	Med%	Prom%	Med%	Prom%				
Gramos consumidos (g)	3893.74	1796.74	3674.30	-	-	-	-	0.9463	-	
Energía (Kcal)	2652.72	1162.33	2533.84	110.80	122.02	139.40	145.00	0.2035	<0.0001	
Fibra (g)	27.89	13.53	25.66	70.00	75.14	90.18	97.35	<0.0001	<0.0001	
Carbohidratos (g)	330.63	151.55	311.14	241.61	260.32	237.17	249.39	0.7187	<0.0001	
Azúcar (g)	106.21	59.14	96.16	141.47	150.84	165.30	173.20	<0.0001	<0.0001	
Proteína (g)	115.14	52.74	105.38	168.97	189.39	190.41	211.29	<b>0.0320</b>	<0.0001	
Lípidos (g)	97.26	46.85	90.76	109.31	109.00	109.57	109.18	0.8747	<b>0.0194</b>	
Ácidos grasos saturados (g)	31.22	17.70	27.33	147.93	151.79	141.95	147.73	0.1454	<0.0001	
Ácidos grasos monoinsaturados (g)	26.49	12.95	24.35	58.12	58.76	59.03	60.82	0.1779	<0.0001	
Ácidos grasos poliinsaturados (g)	20.21	18.26	14.73	67.59	89.69	64.36	79.74	0.5065	<0.0001	
Colesterol (mg)	447.06	249.20	402.27	146.64	165.41	116.75	135.48	<b>0.0004</b>	<0.0001	
Calcio (mg)	1261.54	623.25	1149.25	127.46	136.83	121.66	132.44	0.9740	<0.0001	
Fósforo (mg)	1605.63	724.60	1485.40	278.07	297.49	252.04	273.43	0.0950	<0.0001	
Hierro (mg)	25.57	11.96	7.11	162.62	174.25	124.61	138.61	<0.0001	<0.0001	
Magnesio (mg)	444.54	197.81	420.59	134.83	138.57	154.82	168.36	<0.0001	<0.0001	
Sodio (mg)	3166.34	1995.95	2782.28	171.40	198.24	174.42	197.61	0.6655	<0.0001	
Potasio (mg)	4244.78	1849.77	4044.16	87.01	90.23	84.97	90.39	0.8556	<0.0001	
Zinc (mg)	15.10	7.11	14.34	119.55	128.80	124.19	132.50	0.3650	<0.0001	
Selenio (mg)	56.50	35.82	48.79	111.27	129.82	94.02	107.71	<b>0.0028</b>	0.4324	
Vitamina A (µg RE)	863.22	471.75	790.18	103.35	115.57	141.58	154.28	<0.0001	<0.0001	
Ácido ascórbico (mg)	269.11	162.36	241.36	257.69	287.56	351.80	390.09	<0.0001	<0.0001	
Tiamina (mg)	2.50	1.52	2.22	227.59	243.45	243.26	283.52	0.0511	<0.0001	
Riboflavina (mg)	3.12	1.76	2.86	269.42	283.41	307.84	346.40	<b>0.0017</b>	<0.0001	
Niacina (mg)	24.42	11.44	22.16	181.15	196.15	179.28	196.13	0.9028	<0.0001	
Piridoxina (mg)	10.79	9.40	8.78	514.09	665.60	729.43	902.35	<b>0.0005</b>	<0.0001	
Ácido fólico (µg)	369.10	172.86	344.86	89.69	93.14	84.22	91.56	0.7142	<0.0001	
Cobalamina (mg)	8.34	4.88	7.47	343.37	388.06	284.25	314.22	<b>0.0008</b>	<0.0001	
Etanol (g)	8.86	15.78	3.30	37.75	88.24	14.21	39.41	<0.0001	<0.0001	

Nota: porcentaje (%) de adecuación de las recomendaciones de ingesta de nutrientes en México por sexo. p < 0,05 en negrita; + valor de p de la comparación de requerimientos de energía y nutrientes entre grupos de sexo utilizando la prueba U de Mann Whitman; \* Valor de p de la comparación de energía y nutrientes consumidos (Med%) mediante la prueba U de Mann Whitman; DE: Desviación Estándar. Med% = Mediana de adecuación; Promedio% = Promedio de adecuación.

Como se puede observar en la Figura 4, el grupo de alimentos más consumido en el patrón dietético general fueron las bebidas azucaradas ( $429.42 \pm 460.03 \text{ ml p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), seguido de las frutas ( $323.55 \pm 233.90 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), verduras ( $305.06 \pm 229.50 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), lácteos ( $252.43 \pm 258.19 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), café y té ( $251.31 \pm 272.49 \text{ ml p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), cereales sin grasa ( $225.48 \pm 141.73 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), alimentos mexicanos ( $186.98 \pm 154.14 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), aves de corral y huevos ( $109.92 \pm 94.84 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), bebidas alcohólicas ( $101.37 \pm 196.38 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) y comida rápida ( $76.26 \pm 66.50 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ). Los grupos de alimentos menos consumidos fueron borrego, chivo e vísceras ( $5.92 \pm 12.19 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), frutos secos ( $10.25 \pm 14.78 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) y suplementos y condimentos ( $11.41 \pm 12.17 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ). Otros grupos de alimentos fueron legumbres ( $75.19 \pm 68.07 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), cereales grasos ( $52.07 \pm 45.00 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), bebidas mexicanas ( $51.67 \pm 74.13 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), azúcares y postres ( $49.30 \pm 46.29 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), carne de res ( $42.87 \pm 41.76 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), pescado y mariscos ( $38.59 \pm 41.32 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), aceites sin proteína ( $31.09 \pm 26.60 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), cerdo ( $17.35 \pm 24.94 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) y carnes procesadas ( $15.95 \pm 20.32 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ).

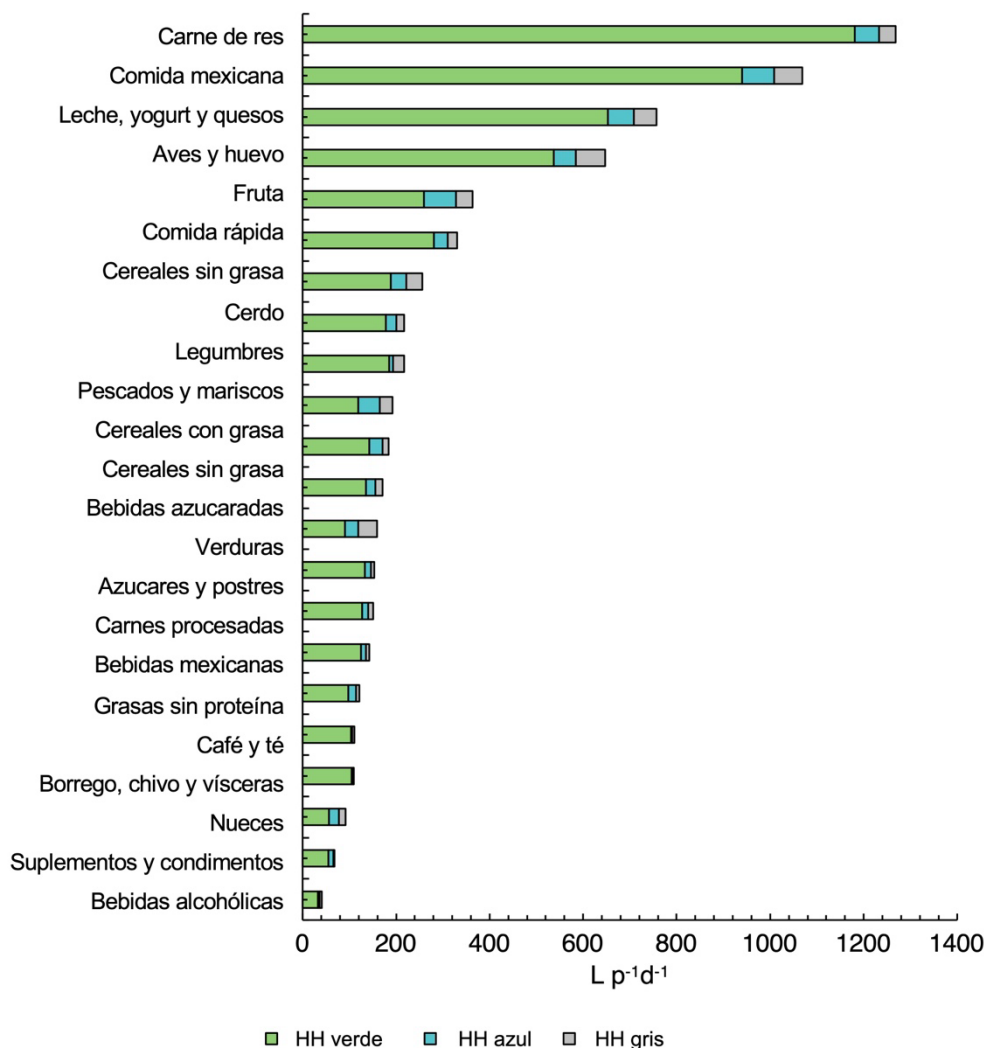


**Figura 4. Patrón dietético por grupos de alimentos.** Nota: Las desviaciones estándar se presentan en las barras.

### Huella hídrica dietética

La huella hídrica total del patrón dietético fue de  $6,619.58 \pm 3182.62 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  con una mediana de  $6,161.79 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ . De esta cantidad, el 85% provino de la huella hídrica verde, lo que correspondió a  $5,611.22 \pm 2,786.07 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  y una mediana de  $5,188.49 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ , mientras que solo el 8% y el 7% provinieron de la huella hídrica azul. Estas cifras corresponden a  $554.80 \pm 240.22 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  de huella hídrica azul (mediana  $524.82 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) y  $463.56 \pm 193.30 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  para la gris, con una mediana de  $435.19 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ . La Figura 5 muestra la huella hídrica dietética que se obtuvo a partir de los patrones dietéticos generales de la muestra. Como se puede ver, la carne de res fue el grupo de alimentos con la mayor huella hídrica total con  $1,268.12 \pm 1,228.06 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ . Los alimentos mexicanos obtuvieron la segunda huella hídrica total más alta con  $756.45 \pm 818.83 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ . Los lácteos, incluyendo leche, yogur y quesos, generaron la tercera huella total más alta con  $756.45 \pm 818.83 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ . Posteriormente, aparecieron las aves de corral y los huevos ( $647.51 \pm 579.99 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), las frutas ( $363.03 \pm 274.67 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), los cereales sin grasa ( $255.64 \pm 196.96 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), el cerdo ( $217.35 \pm 312.32 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), las legumbres ( $217.24 \pm 197.31 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), el pescado y mariscos ( $192.03 \pm 205.66 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) y los cereales grasos ( $181.42 \pm 169.17 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ). Las verduras ( $159.02 \pm 129.52 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) representaron la décimo tercera huella hídrica total más alta, cerca de los azúcares y postres ( $152.10 \pm 158.23 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), las carnes procesadas ( $150.78 \pm 174.81 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) y los alimentos mexicanos ( $1061.84 \pm 1016.96 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ). A continuación, aparecieron los aceites sin proteína ( $120.24 \pm 107.47 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), el café y el té ( $110.42 \pm 119.58 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), el borrego, el chivo y las vísceras ( $109.20 \pm 273.31$

L p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>), los frutos secos (91.47 ± 145.62 L p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>), los suplementos y condimentos (67.95 ± 135.25 L p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>) y las bebidas alcohólicas (40.89 ± 70.62 L p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>). En cuanto a los componentes de huella hídrica, en todos los grupos de alimentos, la huella hídrica verde fue el componente de huella hídrica más alto. En la mayoría de los casos, la huella hídrica azul fue el segundo componente más alto, con la excepción del café y té, las verduras, las legumbres, los cereales sin grasa y las aves de corral y huevos, donde el segundo componente de huella hídrica más alto fue la huella hídrica gris.



**Figura 5. Huella hídrica dietética por componentes (huella hídrica verde, azul y gris)**

### Huella hídrica de los patrones dietéticos (PDHH) determinada mediante análisis de componentes principales (ACP)

El procedimiento y resultados completos de ACP está presente en el apéndice electrónico 5. En la Tabla A5.1 se presenta una matriz de correlación de las variables estudiadas. Como se puede observar, se encontraron correlaciones significativas de baja a moderada ( $\rho \leq 0.429$ ,  $p < 0.0001$ ). La prueba de esfericidad de Bartlett mostró significancia estadística ( $p < 0.001$ ) y la medida de adecuación del muestreo de Kaiser-Meyer Olkin proporcionó un valor aceptable para realizar el

ACP (KMO = 0.7536) (Tabla A5.2). Las correlaciones de los tres componentes principales seleccionados fueron todas mayores que 0 y explicaron el 48.12%, 77% y 100% de la varianza (Tabla A5.3). Una vez que se rotó la matriz, la carga factorial aumentó para el factor 1 (0.8758), el factor 2 (0.9617) y el factor 3 (0.9140) (Tabla 12). Las cargas factoriales rotadas (matriz de patrones) de la huella hídrica total del patrón dietético se muestran en la Tabla 12. El primer PDHH identificado presentó cargas >2 en los grupos de alimentos de lácteos, carnes procesadas, cereales sin grasa, cereales grasos, comida rápida, alimentos mexicanos, azúcares y postres, bebidas azucaradas, bebidas mexicanas y bebidas alcohólicas. Este PDHH fue denominado como Transición Nutricional Media, ya que incluía alimentos mexicanos y occidentales. El segundo componente identificado con cargas >2 incluyó verduras, frutas, legumbres, aceites sin proteína, frutos secos, suplementos y condimentos, y café y té. Este PDHH se tituló como Saludable Basado en Plantas. El tercer componente (cargas >2) incorporó carne de res, cerdo, borrego, chivo y vísceras, aves de corral y huevos, y pescado y mariscos. Por lo tanto, se denominó como Alto en Proteína Animal.

**Tabla 12. Cargas de factores rotadas (matriz de patrones) de la huella hídrica total del patrón dietético**

Grupo de alimento	Componente 1	Componente 2	Componente 3
	Transición Nutricional Media	Saludable basada en plantas	Alta en proteína animal
Lácteos (leche, yogur y queso)	<b>0.2022</b>	0.0728	0.1607
Carne de res	0.2321	0.0675	<b>0.4968</b>
Cerdo	0.3058	-0.0809	<b>0.3375</b>
Carnes procesadas	<b>0.4004</b>	-0.1142	0.3425
Borrego, cabra y vísceras	0.2134	0.0387	<b>0.4104</b>
Aves y huevos	0.0494	0.1130	<b>0.3886</b>
Pescados y mariscos	-0.0676	0.1842	<b>0.4730</b>
Verduras	-0.0117	<b>0.4953</b>	-0.1036
Frutas	0.0337	<b>0.5864</b>	0.0114
Legumbres	0.2635	<b>0.2746</b>	-0.0749
Cereales sin grasa	<b>0.4800</b>	0.2153	-0.1867
Cereales grasos	<b>0.7350</b>	0.0288	-0.0057
Aceites sin proteínas	0.2089	<b>0.5263</b>	0.0436
Nueces	-0.0362	<b>0.3620</b>	0.0487
Comida rápida	<b>0.5144</b>	-0.0772	0.2367
Comida mexicanas	<b>0.6123</b>	0.0078	0.1677
Azúcares y postres	<b>0.5547</b>	0.0917	0.1382
Suplementos y condimentos	-0.0966	<b>0.4099</b>	0.0653
Bebidas azucaradas	<b>0.4197</b>	0.1957	0.0844
Café y te	0.0447	<b>0.3668</b>	0.0402
Bebidas mexicanas	<b>0.2947</b>	0.1026	-0.0439
Bebidas alcohólicas	<b>0.3140</b>	-0.0359	0.2575

Nota: Cargas factoriales >2 en negrita.

### Características de la población según la huella hídrica de los patrones dietéticos (PDHH) derivada del análisis de componentes principales (ACP)

Según los análisis de tertiles, el PDHH Transición Nutricional Media fue el más prevalente en la muestra, con un 54.75%, seguido por el Saludable Basado en Plantas (28%) y Alto en Proteína Animal (17.25%). Las mujeres predominaron en el PDHH Transición Nutricional Media (52.05%) y en el Saludable Basado en Plantas (74.11%), pero los hombres fueron más prevalentes en el PDHH Alto en Proteína Animal (68.12%) ( $p < 0.0001$ ). La edad promedio fue más alta en el PDHH Saludable



Basado en Plantas (43.27 años) en contraste con los otros dos PDHH ( $p = 0.173$ ). Guadalajara fue la ciudad más habitada ( $p = 0.031$ ) en el PDHH Transición Nutricional Media. Además, los niveles educativos ( $p = 0.042$ ) y ocupacionales ( $p = 0.117$ ) fueron más altos en estos PDHH. En los tres PDHH, el rango de salario más reportado fue de 11,600 a 34,999 pesos mexicanos (583 a 1760 dólares estadounidenses) ( $p = 0.358$ ) (Tabla 13).

**Tabla 13. Descripción de datos sociodemográficos y socioeconómicos según patrones dietéticos de huella hídrica (PDHH) derivados del análisis de componentes principales (ACP)**

	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Valor de p
	Transición Nutricional Media	Saludable basada en plantas	Alta en proteína animal	
	n (%)	n (%)	n (%)	
	219 (54.75) <sup>^</sup>	112 (28.00) <sup>^</sup>	69 (17.25) <sup>^</sup>	
<b>Sexo</b>				
Mujer	114 (52.05)	83 (74.11)	22 (31.88)	<b>0.000</b>
Hombres	105 (47.95)	29 (25.89)	47 (68.12)	
<b>Edad</b>				
Edad promedio	37.41	43.27	32.02	0.173
Desviación Estándar	14.16	16.67	13.30	
Mínimo	18	18	18	
Máximo	74	73	67	
<b>Zona residencial</b>				
Guadalajara	108 (49.32)	57 (50.89)	47 (68.12)	<b>0.031</b>
Zapopan	40 (18.26)	13 (11.61)	6 (8.70)	
Tlajomulco de Zúñiga	71 (32.42)	42 (37.50)	16 (23.19)	
<b>Nivel educacional</b>				
Sin estudios	1 (0.46)	-	-	<b>0.042</b>
Básico	7 (3.20)	6 (5.36)	-	
Medio	36 (16.44)	22 (19.64)	55 (79.71)	
Alto	167 (76.26)	81 (72.32)	14 (20.29)	
No reportado	8 (3.65)	3 (2.68)	-	
<b>Nivel ocupacional</b>				
Bajo	46 (21.00)	33 (29.46)	22 (31.88)	0.117
Medio	27 (12.33)	12 (10.71)	12 (17.39)	
Alto	146 (66.67)	67 (59.82)	35 (50.72)	
<b>Ingreso mensual</b>				
0 - 2,699	37 (16.89)	24 (21.43)	15 (21.74)	0.358
2.700 - 6.799	27 (12.33)	17 (15.18)	15 (21.74)	
6.800 - 11.599	55 (25.11)	26 (23.21)	14 (20.29)	
11.600 - 34.999	90 (41.10)	37 (33.04)	22 (31.88)	
35.000 - 84.999	7 (3.20)	7 (6.25)	1 (1.45)	
+ 85.000	3 (1.37)	1 (0.89)	2 (2.90)	

Nota: Descripción obtenida de la categorización de terciles, donde los valores de terciles más altos se asocian con una mayor adherencia al patrón dietético huella hídrica. <sup>^</sup>porcentajes de la muestra total. Valor de p del análisis de Chi-cuadrado.  $p < 0,05$  en negrita.

En cuanto al IMC, la obesidad fue más prevalente en el patrón de Transición Nutricional Media (26.48%), pero el sobrepeso fue mayor en el PDHH Alto en Proteína Animal (43.48%) ( $p = 0.041$ ). En el caso del porcentaje de grasa corporal, la obesidad fue mayor en Saludable Basado en Plantas (77.68%), pero el sobrepeso fue más prevalente en Alto en Proteína Animal (15.94%) ( $p = 0.775$ ). El porcentaje de masa muscular fue mayor en el PDHH Alto en Proteína Animal, con un 11.59% presentando niveles altos, en contraste con el 5.02% y el 3.57% en Transición Nutricional Media y el PDHH Saludable Basado en Plantas, respectivamente ( $p = 0.052$ ). La grasa visceral elevada ( $p = 0.070$ ) y la circunferencia de cintura alta ( $p = 0.428$ ) fueron más prevalentes en el PDHH Transición Nutricional Media. La hipertensión (6.25%) y la diabetes tipo 2 (7.14%) fueron más

prevalentes en el PDHH Saludable Basado en Plantas. La baja actividad física fue más prevalente en el PDHH Transición Nutricional Media ( $p = 0.060$ ) y la actividad anaeróbica fue significativamente más alta en el PDHH Alto en Proteína Animal ( $p = 0.011$ ) (Tabla 14).

**Tabla 14. Descripción de datos antropométricos, variables de composición corporal, prevalencia de patologías y actividad física según patrones dietéticos (PDHH) derivados del análisis de componentes principales (ACP)**

	Componente 1 Transición Nutricional Media	Componente 2 Saludable basada en plantas	Componente 3 Alta en proteína animal	Valor de p	
	n (%)	n (%)	n (%)		
Índice de masa corporal (IMC)	219 (54.75) <sup>^</sup>	112 (28.00) <sup>^</sup>	69 (17.25) <sup>^</sup>		
Bajo peso	8 (3.65)	-	-	<b>0.041</b>	
Peso normal	75 (34.25)	48 (42.86)	28 (40.58)		
Sobrepeso	78 (35.62)	43 (38.39)	30 (43.48)		
Obesidad I	46 (21.00)	14 (12.50)	5 (7.25)		
Obesidad II	9 (4.11)	5 (4.46)	3 (4.35)		
Obesidad III	3 (1.37)	2 (1.79)	3 (4.35)		
Porcentaje de grasa corporal					
Bajo	6 (2.74)	1 (0.89)	1 (1.45)	0.775	
Normal	26 (11.87)	13 (11.61)	9 (13.04)		
Exceso de peso	25 (11.42)	11 (9.82)	11 (15.94)		
Obeso	162 (73.97)	87 (77.68)	48 (69.56)		
Porcentaje de masa muscular					
Bajo	114 (52.05)	52 (46.43)	25 (36.23)	0.052	
Adecuado	94 (42.92)	56 (50.00)	36 (52.17)		
Alto	11 (5.02)	4 (3.57)	8 (11.59)		
Grasa visceral					
Adecuada	128 (58.45)	78 (69.64)	48 (69.57)	0.070	
Alta	91 (41.55)	34 (30.36)	21 (30.43)		
Circunferencia de la cintura					
Adecuada	80 (36.53)	41 (36.61)	31 (44.93)	0.428	
Alta	139 (63.47)	71 (63.39)	38 (55.07)		
Prevalencia de patologías.					
Ninguno (reportado o no saber tenerlo)	128 (58.45)	52 (46.43)	50 (72.46)	<b>0.243</b>	
Hipertensión	15 (6.85)	7 (6.25)	2 (2.90)		
Diabetes tipo 2	7 (3.20)	7 (6.25)	2 (2.90)		
Colitis	2 (0.91)	8 (7.14)	2 (2.90)		
Gastritis	5 (2.28)	2 (1.79)	0 (0)		
hipotiroidismo	6 (2.74)	1 (0.89)	2 (2.90)		
Dislipidemias	0 (0)	1 (0.89)	1 (1.45)		
Enfermedades psiquiátricas	0 (0)	0 (0)	0 (0)		
Enfermedades reumáticas	2 (0)	2 (1.79)	0 (0)		
Cáncer	1 (0.46)	2 (1.79)	1 (1.45)		
Otros	16 (7.31)	14 (12.50)	1 (1.45)		
No reportado	37 (16.89)	16 (14.29)	8 (11.59)		
Actividad física					
Baja	133 (60.73)	50 (44.64)	33 (47.83)		0.060
Moderada	59 (26.94)	42 (37.50)	24 (34.78)		
Alta	27 (12.33)	20 (17.86)	12 (17.39)		
Tipo de actividad física					
Aeróbica suave	141 (64.38)	62 (55.36)	33 (47.83)	<b>0.011</b>	
Aeróbica moderado a intenso	59 (26.94)	37 (33.04)	20 (28.99)		
Anaeróbica	19 (8.68)	13 (11.61)	16 (23.19)		

Nota: Descripción obtenida de la categorización de tertiles, donde los valores de tertiles más altos se asocian con una mayor adherencia al patrón dietético huella hídrica. <sup>^</sup>porcentajes de la muestra total. Valor de p del análisis de Chi-cuadrado.  $p < 0,05$  en negrita.

Como se puede observar en la Tabla 15, se encontraron diferencias entre el PDHH Transición Nutricional Media y el Saludable basado en plantas, así como entre el PDHH Saludable basado en plantas y PDHH Alto contenido en proteína animal. Esto en cuanto a peso, altura, grasa

corporal y tasa metabólica ( $p < 0,05$ ). El porcentaje de masa muscular fue diferente en todos los grupos ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 15. Análisis descriptivo de los datos antropométricos y de composición corporal de los participantes según los patrones dietéticos de huella hídrica (PDHH) derivados del análisis de componentes principales (ACP)**

Indicador	Componente 1		Componente 2		Componente 3		Valor de p*
	Transición Nutricional Media		Saludable basada en plantas		Alta en proteína animal		
	n (%) 219 (54.75) <sup>^</sup>		n (%) 112 (28.00) <sup>^</sup>		n (%) 69 (17.25) <sup>^</sup>		
	Mean $\pm$ SD	Median	Mean $\pm$ SD	Median	Mean $\pm$ SD	Median	
Peso (kg)	75.46 $\pm$ 16.42	74.80 <sup>a</sup>	70.16 $\pm$ 13.34	68.65 <sup>b</sup>	77.73 $\pm$ 16.41	75.40 <sup>a</sup>	<b>0.0042</b>
Estatura(cm)	166.44 $\pm$ 9.23	166.00 <sup>a</sup>	161.43 $\pm$ 8.45	161.00 <sup>b</sup>	169.11 $\pm$ 9.00	169.00 <sup>a</sup>	<b>0.0001</b>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27.17 $\pm$ 5.10	26.90 <sup>a</sup>	27.06 $\pm$ 5.08	26.65 <sup>a</sup>	26.98 $\pm$ 4.87	25.80 <sup>a</sup>	0.6753
PG (%)	34.50 $\pm$ 8.92	33.70 <sup>a</sup>	37.39 $\pm$ 8.46	37.30 <sup>b</sup>	31.35 $\pm$ 8.56	32.50 <sup>a</sup>	<b>0.0001</b>
MM (%)	28.63 $\pm$ 5.50	27.90 <sup>a</sup>	26.49 $\pm$ 4.78	25.60 <sup>b</sup>	31.57 $\pm$ 6.22	32.00 <sup>c</sup>	<b>0.0001</b>
TM (kcal)	1560.47 $\pm$ 260.89	1521.00 <sup>a</sup>	1432.93 $\pm$ 206.48	1384.50 <sup>b</sup>	1647.55 $\pm$ 271.12	1697.00 <sup>a</sup>	<b>0.0001</b>
EM (años)	47.62 $\pm$ 17.23	50.00 <sup>a</sup>	50.16 $\pm$ 16.76	53.00 <sup>a</sup>	45.02 $\pm$ 15.59	43.00 <sup>a</sup>	0.0915
GV	8.79 $\pm$ 4.37	8.00 <sup>a</sup>	8.20 $\pm$ 3.74	8.00 <sup>a</sup>	8.62 $\pm$ 4.61	7.00 <sup>a</sup>	0.5918
CC (cm)	89.29 $\pm$ 13.91	89.00 <sup>a</sup>	87.35 $\pm$ 13.11	86.90 <sup>a</sup>	88.88 $\pm$ 14.06	85.00 <sup>a</sup>	0.3697
CCa (cm)	103.38 $\pm$ 8.77	103.00 <sup>a</sup>	103.03 $\pm$ 8.99	103.10 <sup>a</sup>	102.71 $\pm$ 8.56	102.00 <sup>a</sup>	0.4878

\*valor de p de la comparación de datos antropométricos y de composición corporal entre patrones dietéticos huella hídrica utilizando la prueba de Kruskal Wallis; DE: Desviación Estándar. <sup>^</sup>porcentajes de la muestra total. Las diferencias entre grupos según la prueba post hoc de Dunn se indicaron con letras en superíndice.  $p < 0,05$  en negrita.

### Ingesta dietética según la huella hídrica de los patrones dietéticos (PDHH) derivada por análisis de componentes principales (ACP)

Como se presenta en la Tabla 16, según el análisis post hoc, la energía, las grasas monoinsaturadas, el calcio, el magnesio, el potasio, el zinc, la vitamina A, la tiamina, la riboflavina y la adecuación de ácido fólico fueron estadísticamente diferentes entre el PDHH Saludable basado en plantas y el PDHH Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ), así como entre el PDHH Alto en Proteína Animal y el PDHH Transición Nutricional Media ( $p < 0.0001$ ). La adecuación de fibra, carbohidratos, azúcar y ácido ascórbico fue diferente en todos los PDHH ( $p < 0.05$ ). La adecuación de proteínas y fósforo fue estadísticamente diferente entre el PDHH Alto en Proteína Animal y el PDHH Transición Nutricional Media ( $p < 0.05$ ). Las adecuaciones de lípidos, grasas saturadas, colesterol, selenio, piridoxina y etanol fueron diferentes entre el PDHH Saludable Basado en Plantas y el PDHH Transición Nutricional Media ( $p < 0.0001$ ) y el PDHH Saludable Basado en Plantas y el PDHH Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ). En el caso del hierro, solo se encontró una diferencia entre el PDHH Transición Nutricional Media y el PDHH Alto en Proteína Animal ( $p = 0.024$ ). En el caso del sodio, se encontraron diferencias entre el PDHH Transición Nutricional Media, el PDHH Alto en Proteína Animal y el PDHH Saludable Basado en Plantas ( $p < 0.0001$ ). La ingesta de cobalamina fue diferente entre el PDHH Transición Nutricional Media y el PDHH Saludable Basado en Plantas ( $p < 0.0001$ ). No se encontraron diferencias en la ingesta de grasas poliinsaturadas y niacina.

**Tabla 16. Descripción de la ingesta dietética, nutrientes y adecuación energética según los patrones dietéticos, huella hídrica (PDHH) derivada del análisis de componentes principales (ACP)**

Variable	Componente 1				Componente 2				Componente 3				Valor de p
	Transición Nutricional Media				Saludable basada en plantas				Alta en proteína animal				
	n = 219				n = 112				n = 69				
	Promedio	DE	A/Md	A/Me	Promedio	DE	A/Md	A/Me	Promedio	DE	A/Md	A/Me	
g/kcal/mg	g/kcal/mg	%	%	g/kcal/mg	g/kcal/mg	%	%	g/kcal/mg	g/kcal/mg	%	%		
Gramos consumidos (g)	3954.04	1952.32	-	-	4113.53	1485.23	-	-	3345.60	1651.06	-	-	
Energía (Kcal)	2981.30	1346.68	143.97 <sup>a</sup>	149.72	2358.23	686.37	124.12 <sup>a</sup>	128.24	2087.85	727.91	99.67 <sup>b</sup>	96.95	<b>&lt;0.0001</b>
Fibra (g)	27.37	14.07	76.99 <sup>a</sup>	85.15	34.11	12.10	99.42 <sup>b</sup>	109.23	19.44	7.92	57.00 <sup>c</sup>	58.53	<b>&lt;0.0001</b>
Carbohidratos (g)	369.76	172.14	265.01 <sup>a</sup>	284.43	313.83	98.43	239.39 <sup>b</sup>	241.41	233.71	94.98	180.72 <sup>c</sup>	179.78	<b>&lt;0.0001</b>
Azúcar (g)	118.18	65.76	152.77 <sup>a</sup>	162.57	105.89	42.12	172.84 <sup>b</sup>	183.99	68.7234	43.23483	127.74 <sup>c</sup>	130.80	<b>&lt;0.0001</b>
Proteína (g)	123.73	57.90	197.57 <sup>a</sup>	214.86	105.04	46.23	175.54 <sup>ab</sup>	192.07	104.30	39.45	150.71 <sup>b</sup>	173.70	<b>0.0058</b>
Lípidos (g)	111.70	53.31	111.47 <sup>a</sup>	111.59	80.17	28.36	99.85 <sup>b</sup>	101.44	79.21	31.15	113.43 <sup>a</sup>	113.61	<b>&lt;0.0001</b>
Ácidos grasos saturados (g)	37.45	20.01	154.35 <sup>a</sup>	162.16	22.92	10.05	115.61 <sup>b</sup>	123.55	24.92	10.54	147.12 <sup>a</sup>	151.81	<b>&lt;0.0001</b>
Ácidos grasos monoinsaturados (g)	29.73	14.56	59.24 <sup>a</sup>	59.68	22.83	9.65	55.56 <sup>a</sup>	57.56	22.15	8.80	63.02 <sup>b</sup>	64.36	<b>0.0011</b>
Ácidos grasos poliinsaturados (g)	23.44	20.86	68.00 <sup>a</sup>	89.49	16.10	11.77	61.97 <sup>a</sup>	74.44	16.64	16.19	67.59 <sup>a</sup>	83.50	0.4096
Colesterol (mg)	488.64	252.25	150.09 <sup>a</sup>	162.88	363.33	245.29	98.01 <sup>b</sup>	121.11	450.99	212.23	137.98 <sup>a</sup>	150.33	<b>&lt;0.0001</b>
Calcio (mg)	1401.92	697.08	137.78 <sup>a</sup>	149.32	1215.44	462.14	120.11 <sup>a</sup>	129.24	890.80	407.94	88.04 <sup>b</sup>	95.57	<b>&lt;0.0001</b>
Fósforo (mg)	1738.23	817.42	279.54 <sup>a</sup>	307.62	1519.08	583.62	253.92 <sup>ab</sup>	269.90	1325.24	483.65	226.46 <sup>b</sup>	233.73	<b>0.0003</b>
Hierro (mg)	27.04	13.83	141.40 <sup>a</sup>	162.86	25.55	8.99	141.84 <sup>ab</sup>	154.20	20.95	8.11	126.71 <sup>b</sup>	129.81	<b>0.0265</b>
Magnesio (mg)	463.51	213.64	153.93 <sup>a</sup>	160.09	468.30	169.48	156.57 <sup>a</sup>	169.67	345.75	156.21	112.01 <sup>b</sup>	114.34	<b>&lt;0.0001</b>
Sodio (mg)	3523.45	2072.60	188.55 <sup>a</sup>	220.22	2845.48	2128.74	145.09 <sup>b</sup>	177.84	2553.70	1116.24	153.71 <sup>b</sup>	159.61	<b>&lt;0.0001</b>
Potasio (mg)	4358.23	2040.10	88.87 <sup>a</sup>	92.73	4662.81	1522.95	93.50 <sup>a</sup>	99.21	3206.17	1234.63	65.74 <sup>b</sup>	68.22	<b>&lt;0.0001</b>
Zinc (mg)	16.44	8.10	131.76 <sup>a</sup>	142.23	14.19	5.58	119.20 <sup>a</sup>	126.96	12.33	4.51	94.25 <sup>b</sup>	100.91	<b>&lt;0.0001</b>
Selenio (mg)	59.94	38.78	104.82 <sup>a</sup>	124.88	47.23	29.17	84.62 <sup>b</sup>	98.40	60.62	33.51	114.17 <sup>a</sup>	126.30	<b>0.0018</b>
Vitamina A (µg RE)	878.26	488.57	130.12 <sup>a</sup>	137.60	952.01	481.86	138.60 <sup>a</sup>	157.36	671.36	332.42	90.97 <sup>b</sup>	100.66	<b>&lt;0.0001</b>
Ácido ascórbico (mg)	251.42	154.21	292.85 <sup>a</sup>	319.51	358.42	172.85	409.29 <sup>b</sup>	465.75	180.28	86.68	204.91 <sup>c</sup>	222.35	<b>&lt;0.0001</b>
Tiamina (mg)	2.57	1.43	256.12 <sup>a</sup>	271.80	2.82	1.89	247.98 <sup>a</sup>	303.97	1.76	0.70	173.77 <sup>b</sup>	182.41	<b>&lt;0.0001</b>
Riboflavina (mg)	3.30	1.73	309.18 <sup>a</sup>	334.26	3.21	2.09	290.72 <sup>a</sup>	338.87	2.39	0.92	209.42 <sup>b</sup>	231.90	<b>&lt;0.0001</b>
Niacina (mg)	25.57	12.70	188.18 <sup>a</sup>	204.97	23.52	10.13	167.86 <sup>a</sup>	191.86	22.25	8.54	167.56 <sup>a</sup>	175.05	0.0885
Piridoxina (mg)	9.19	7.86	518.48 <sup>a</sup>	679.87	15.43	11.92	912.58 <sup>b</sup>	1123.76	8.33	6.21	493.57 <sup>a</sup>	628.07	<b>&lt;0.0001</b>
Ácido fólico (µg)	379.57	179.68	89.92 <sup>a</sup>	94.89	399.32	164.19	93.54 <sup>a</sup>	99.83	286.83	138.21	67.44 <sup>b</sup>	71.71	<b>&lt;0.0001</b>
Cobalamina (mg)	9.28	5.50	343.51 <sup>a</sup>	386.74	7.01	4.01	252.01 <sup>ab</sup>	292.22	7.52	3.22	301.77 <sup>a</sup>	313.45	<b>&lt;0.0001</b>
Etanol (g)	10.40	18.41	27.03 <sup>a</sup>	72.23	5.56	10.85	12.29 <sup>b</sup>	38.58	9.32	12.48	34.87 <sup>a</sup>	64.69	<b>0.0033</b>

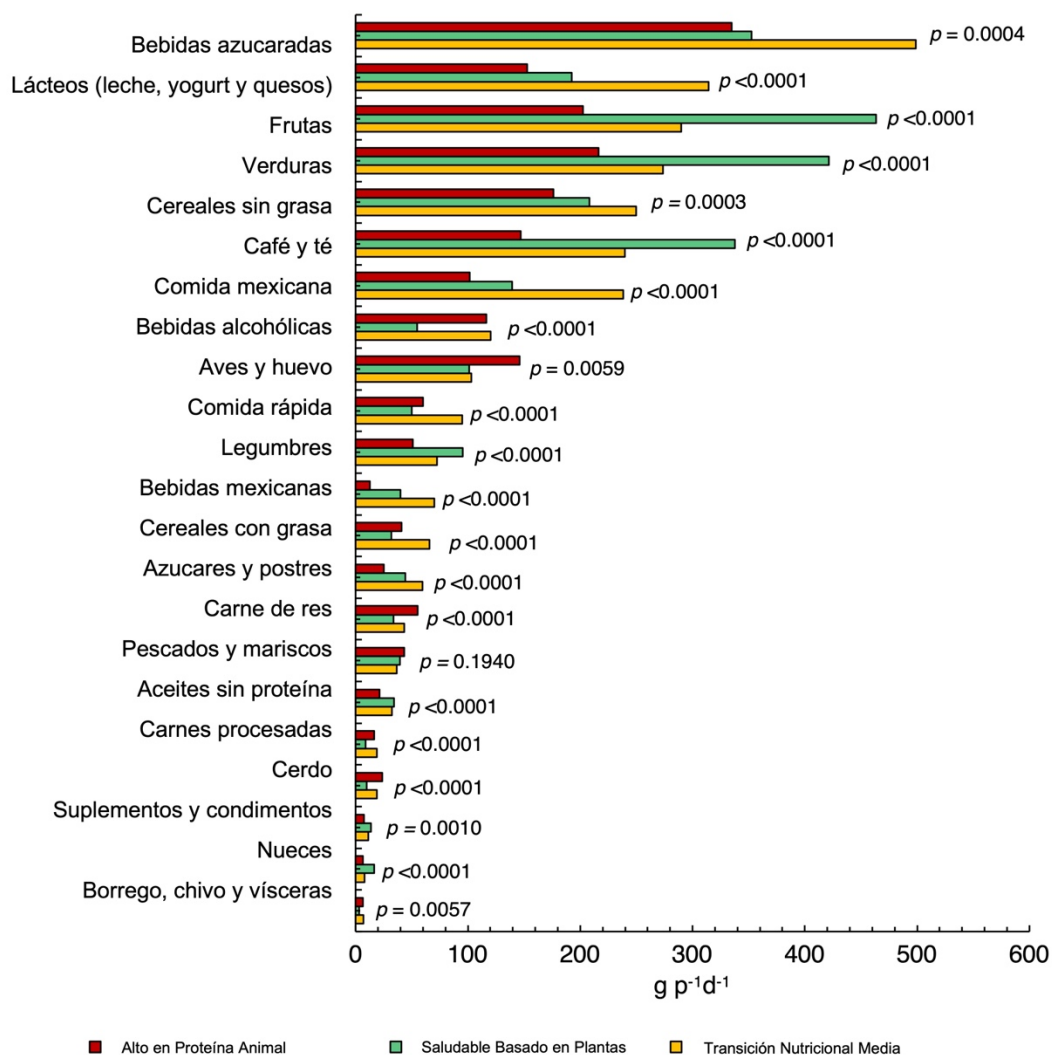
Nota: DE = Desviación estándar; A/Md = mediana de adecuación (utilizada para las pruebas post hoc de Kruskal Wallis y Dunn); A/Me = media de adecuación. Las diferencias entre grupos según la prueba post hoc de Dunn se indicaron con letras en superíndice. p < 0,05 en negrita.

## Ingesta de grupos de alimentos según la huella hídrica de los patrones dietéticos (PDHH) derivados por análisis de componentes principales (ACP)

Como se muestra en la Figura 6, las cargas de la huella hídrica de los grupos de alimentos de la Tabla 12 correspondieron a los consumos más altos en cada PDHH. En el PDHH Transición Nutricional Media, el consumo de alimentos mexicanos fue estadísticamente mayor que en los PDHH Saludable basado en plantas y Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ), con una ingesta de  $238.09 \pm 177.02 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  frente a  $139.62 \pm 91.51 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el caso de Saludable Basado en Plantas y  $101.66 \pm 76.09 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el PDHH Alto en Proteína Animal. La ingesta de comida rápida también fue estadísticamente mayor ( $p < 0.0001$ ), con  $94.76 \pm 76.84 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en contraste con  $49.96 \pm 40.14 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  y  $60.21 \pm 43.39 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en Saludable Basado en Plantas y Alto en Proteína Animal PDHH, respectivamente. Los lácteos ( $p < 0.0001$ ), las bebidas azucaradas ( $p = 0.0004$ ), los cereales sin grasa ( $p = 0.0003$ ), las bebidas alcohólicas ( $p < 0.0001$ ), las bebidas mexicanas ( $p < 0.0001$ ), los cereales grasos ( $p < 0.0001$ ), los azúcares y postres ( $p < 0.0001$ ) y las carnes procesadas ( $p < 0.0001$ ), también presentaron un consumo estadísticamente mayor en el PDHH Transición Nutricional Media en comparación con los otros PDHH.

El grupo PDHH Saludable Basado en Plantas presentó un consumo estadísticamente mayor de frutas y verduras ( $p < 0.0001$ ). En cuanto a las frutas, se encontró una ingesta de  $463.50 \pm 237.58 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en comparación con el consumo de  $290.06 \pm 225.64 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el PDHH Transición Nutricional Media y  $202.72 \pm 122.32 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el PDHH Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ). En el caso de las verduras, se identificó un consumo de  $421.13 \pm 272.23 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el PDHH Saludable Basado en Plantas, mientras que se encontró una ingesta de  $273.65 \pm 208.27 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el PDHH Transición Nutricional Media y un consumo de  $216.36 \pm 125.18 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el PDHH Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ). Las legumbres ( $p < 0.0001$ ), los aceites sin proteínas ( $p < 0.0001$ ), los frutos secos ( $p < 0.0001$ ) y el café y el té ( $p < 0.0001$ ) también presentaron un consumo estadísticamente mayor en el PDHH Saludable Basado en Plantas en comparación con el PDHH Transición Nutricional Media y Alto en Proteína Animal. La ingesta de suplementos y condimentos también fue estadísticamente mayor en el PDHH Saludable basado en plantas, con  $13.58 \pm 14.24 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en comparación con el PDHH Transición Nutricional Media ( $11.50614 \pm 11.561 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) y Alto en Proteína Animal ( $7.59 \pm 9.33 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) ( $p = 0.0010$ ). En el caso del PDHH Alto en Proteína Animal, el consumo de carne de res fue de  $55.16 \pm 38.42 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  y resultó estadísticamente mayor que en los otros dos PDHH, con  $43.54 \pm 47.30 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el PDHH Transición Nutricional Media y  $34.00 \pm 28.25 \text{ g p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el PDHH Saludable Basado en Plantas ( $p < 0.0001$ ). El consumo de cerdo ( $p < 0.0001$ ), borrego, chivo y vísceras ( $p = 0.0057$ ), aves de corral y huevos ( $p = 0.0059$ ) también fue estadísticamente mayor en comparación con el consumo en los otros PDHH. El consumo de pescado y mariscos no mostró significancia estadística en comparación con el PDHH Transición Nutricional Media y Alto en Proteína Animal ( $p = 0.1940$ ).

Con respecto a las diferencias entre los grupos en el análisis post hoc, el consumo de lácteos, cereales grasos, comida rápida, alimentos mexicanos y bebidas azucaradas fue diferente entre el PDHH Transición Nutricional Media y los otros dos PDHH ( $p < 0.0001$ ). El consumo de carne de res, aceites sin proteínas y suplementos y condimentos fue diferente entre el PDHH Transición Nutricional Media y el PDHH Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ) y entre el PDHH Saludable Basado en Plantas y el PDHH Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ). En el caso del cerdo, las carnes procesadas, borrego, chivo y vísceras, verduras, frutos secos y bebidas alcohólicas fue diferente entre el PDHH Transición Nutricional Media y el PDHH Saludable basado en plantas ( $p < 0.0001$ ) y entre el PDHH Saludable Basado en Plantas y el PDHH Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ). El consumo de aves de corral y huevos fue diferente entre el PDHH Saludable basado en plantas y el PDHH Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ). El consumo de frutas, legumbres, azúcares y postres, café y té, y bebidas mexicanas fue diferente en todos los PDHH ( $p < 0.0001$ ). El PDHH Transición Nutricional Media y el PDHH Alto en Proteína Animal fueron diferentes en cereales sin grasas ( $p < 0.0001$ ). No se encontraron diferencias en el consumo de pescado y mariscos.

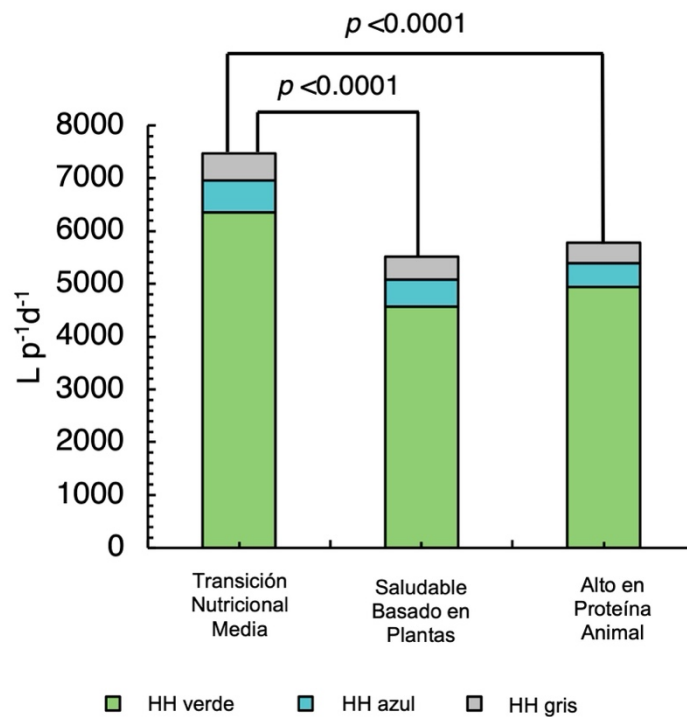


**Figura 6. Patrón dietético por grupos de alimentos según patrones dietéticos huella hídrica (PDHH) derivada del análisis de componentes principales (ACP).** Nota: Valor de p obtenido mediante las pruebas post-hoc de Kruskal Wallis y Dunn.

### Huella hídrica dietética según los patrones dietéticos de huella hídrica (PDHH) derivados del análisis de componentes principales (ACP)

La huella hídrica dietética total fue mayor en el PDHH Transición Nutricional Media ( $p < 0.0001$ ) con  $7452.89 \pm 3680.20 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ , frente a  $5509.30 \pm 1951.50 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el PDHH Saludable basado en plantas y  $5776.89 \pm 2193.14 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el PDHH Alto en Proteína Animal (Figura 7). La huella hídrica verde ocupó la mayor proporción en los tres PDHH ( $6355.97 \pm 3221.29 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ,  $4567.94 \pm 1685.43 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  y  $4940.92 \pm 1899.29 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en los PDHH Transición Nutricional Media, Saludable Basado en Plantas y Alto en Proteína Animal, respectivamente). El

segundo componente de huella hídrica más alto fue la huella hídrica azul con  $606.45 \pm 274.59 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  (Transición Nutricional Media),  $518.09 \pm 171.43 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  (Saludable Basado en Plantas) y  $450.44 \pm 164.48 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  (Alto en Proteína Animal). El componente más bajo fue la huella hídrica gris, con una huella hídrica de  $502.78 \pm 217.86 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ,  $431.28 \pm 140.34 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  y  $391.47 \pm 151.64 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en los PDHH Transición Nutricional Media, Saludable Basado en Plantas y Alto en Proteína Animal, respectivamente (Figura 7). El análisis post hoc mostró una diferencia entre el PDHH Transición Nutricional Media y el Saludable Basado en Plantas y entre el PDHH Transición Nutricional Media y Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ).



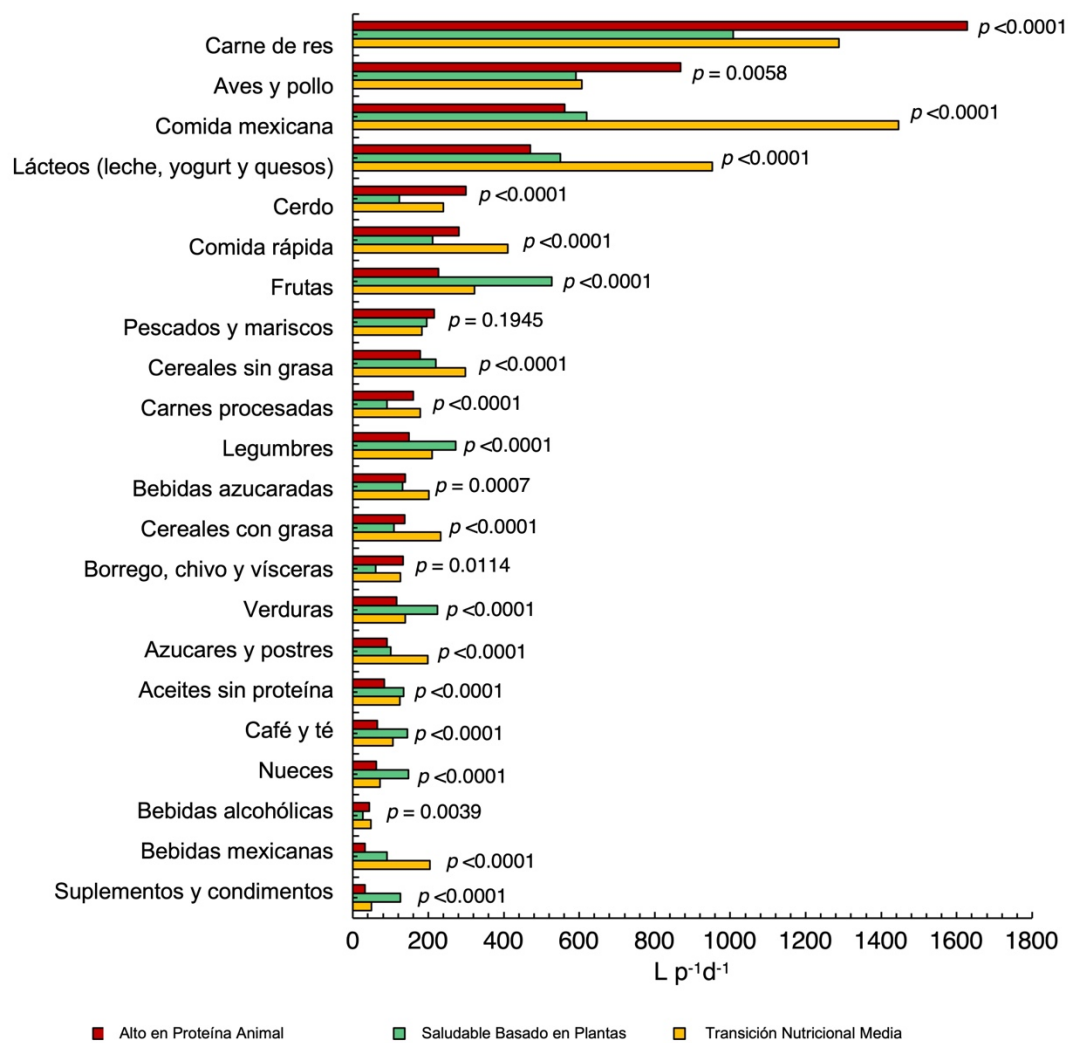
**Figura 7. Huella hídrica dietética total por componentes según los patrones dietéticos de huella hídrica (PDHH) derivados del análisis de componentes principales (ACP).** Nota: valor p obtenido mediante las pruebas post hoc de Kruskal-Wallis y Dunn entre los PDHH en huella hídrica total, verde, azul y gris.

En cuanto a la huella hídrica por grupos de alimentos, similar a los grupos de alimentos, las cargas de huella hídrica de la Tabla 12 también coincidieron con las huellas hídricas más altas de cada PDHH (Figura 8). Como se muestra en la Figura 8, todas las huellas hídricas de los grupos de alimentos presentaron diferencias significativas entre PDHH ( $p < 0.05$ ), excepto para los pescados y mariscos ( $p = 0.1945$ ). En el caso del PDHH Transición Nutricional Media, los alimentos mexicanos representaron la huella hídrica más alta con  $1445.73 \pm 1192.66 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en comparación con el PDHH Saludable Basado en Plantas ( $619.15 \pm 412.20 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) y el PDHH Alto en Proteína Animal ( $561.97 \pm 424.18 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) ( $p < 0.0001$ ). Los lácteos y la comida rápida



también contribuyeron a la huella hídrica total de este grupo y mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los otros dos PDHH ( $p < 0.0001$ ). La carne de res representó una contribución importante a la huella hídrica total de los tres PDHH, siendo el PDHH Alto en Proteína Animal el que presentó la mayor huella hídrica de este grupo de alimentos con  $1,628.16 \pm 1,126.71 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ , en contraste con el Transición Nutricional Media ( $1,287.63 \pm 1,389.02 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) y el PDHH Saludable Basado en Plantas ( $1,008.15 \pm 839.45 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ) ( $p < 0.0001$ ). La carne de ave y los huevos y el cerdo también contribuyeron significativamente a la huella hídrica total del PDHH Alto en Proteína Animal ( $p = 0.0058$ ). En cuanto al PDHH Saludable Basado en Plantas, las huellas hídricas de frutas ( $p < 0.0001$ ), verduras ( $p < 0.0001$ ) y legumbres ( $p < 0.0001$ ) fueron más altas que en los otros dos PDHH. La huella hídrica de las frutas fue de  $527.68 \pm 280.17 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en contraste con  $321.83 \pm 265.80 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  y  $226.55 \pm 137.89 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en los PDHH Transición Nutricional Media y Alto en Proteína Animal, respectivamente. Las verduras mostraron una huella hídrica de  $224.26 \pm 159.58 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en el PDHH Saludable Basado en Plantas, que fue mayor en comparación con el Transición Nutricional Media y el PDHH Alto en Proteína Animal, donde las huellas hídricas fueron de  $139.04 \pm 111.38 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  y  $116.52 \pm 83.46 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ , respectivamente. La menor huella hídrica de legumbres se encontró en el PDHH Alto en Proteína Animal ( $148.54 \pm 155.41 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ ), en contraste con los PDHH Transición Nutricional Media y Saludable Basado en Plantas ( $210.55 \pm 194.33 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  y  $272.63 \pm 211.80 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ , respectivamente).

Con respecto a las diferencias entre grupos, el análisis post hoc mostró que los consumos de lácteos, cereales grasos, comida rápida, alimentos mexicanos, azúcares y postres, y bebidas azucaradas fueron diferentes entre el PDHH Transición Nutricional Media y el Saludable Basado en Plantas ( $p < 0.0001$ ) y entre el PDHH Transición Nutricional Media y Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ). En el caso de la carne de res, los cereales sin grasa y los aceites sin proteínas se encontraron diferencias entre el PDHH Transición Nutricional Media y Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ) y el PDHH Saludable Basado en Plantas y Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ). El consumo de cerdo, carnes procesadas, borrego, chivo y vísceras, verduras y frutos secos fue diferente entre el PDHH Transición Nutricional Media y el Saludable Basado en Plantas ( $p < 0.0001$ ) y entre el PDHH Saludable Basado en Plantas y Alto en Proteína Animal ( $p < 0.0001$ ). El consumo de aves y huevos fue diferente solo entre el PDHH Saludable Basado en Plantas y Alto en Proteína Animal ( $p = 0.004$ ). El consumo de frutas, legumbres, suplementos y condimentos, café y té, y bebidas mexicanas fue diferente en todos los PDHH ( $p < 0.0001$ ). El consumo de bebidas alcohólicas fue diferente solo entre el PDHH Transición Nutricional Media y el Saludable Basado en Plantas ( $p = 0.0039$ ).



**Figura 8. Huella hídrica total de los patrones dietéticos de huella hídrica (PDHH) derivados del análisis de componentes principales (ACP).** Nota: valor p obtenido mediante las pruebas Kruskal-Wallis y post hoc de Dunn entre los PDHH en huella hídrica total, huella hídrica verde, azul y gris.

## Desarrollo de la intervención

La intervención desarrollada en la presente tesis fue registrada bajo el nombre de NutriSOS®, tanto en la plataforma ClinicalTrials.com como en el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR) de México. En lo consecutivo, el estudio será referido como NutriSOS®.

### Guía alimentaria

La Figura 9 presenta la guía alimentaria diseñada, con base en la dieta para la salud planetaria, la dieta de la milpa y las recomendaciones de ingesta de energía, macro y micronutrientes para la población mexicana. Como puede observarse, en el nivel 1, se presenta la recomendación de consumo de agua natural. Posteriormente, en el nivel 2 se presentan a nivel horizontal los grupos de sugerencia de mayor consumo. En primer lugar, se presentan las verduras, destacando verduras tradicionales mexicanas, como el jitomate, nopal y calabacita. Enseguida, se presentan frutas mexicanas como la piña y la papaya, y se culmina ese nivel con los cereales integrales, destacando la tortilla de maíz, el amaranto y de entre los tubérculos, el camote. Finalmente, se presentan las leguminosas, donde destacan los frijoles y lentejas. Con respecto al nivel 3, destacan las grasas saludables como el aguacate, así como las grasas con proteína como las semillas, incluyendo a la chía, las semillas de calabaza y los cacahuates. Enseguida, de manera horizontal se presentan los lácteos como el queso fresco, el queso panela, el requesón, el yogurt y la leche.

En el nivel 4 se presentan algunas bebidas como el café y aguas frescas sin endulzar, así como los huevos, las bebidas fermentadas y la miel. El aceite de oliva se muestra en este mismo nivel. En el nivel 5, se presenta el consumo moderado de algunas carnes blancas como el pollo y pescado, y el consumo semanal de carne roja de cerdo. Así mismo, se incluyen los insectos como una fuente de proteína animal sostenible. Por último, en el nivel 6 se presenta el consumo ocasional y en cantidades moderadas de platillos mexicanos tradicionales con carnes, la carne de res, y algunos alimentos ultra-procesados, como el refresco, galletas e incluso hamburguesas.

Adicional a la guía alimentaria general, con base en los resultados obtenidos se diseñaron ejemplos gráficos de la aplicabilidad de la guía en un contexto de alimentación diaria, con base en el formato del Plato del Bien Comer y las guías EAT-Lancet. Con ello, se proporcionaron ejemplos de distribución de alimentos y grupos de alimentos por plato. En la Figura 10 se presenta esta guía complementaria. Como es posible observar, se sugiere que la mitad del plato provenga de verduras, especialmente verduras mexicanas con bajo impacto ambiental, y variadas en cuanto a colores, que aseguren aporte diverso de nutrientes. Así mismo, se sugiere que un cuarto del plato provenga de cereales integrales, como la tortilla de maíz. Posteriormente se recomienda que se obtenga proteína por medio de leguminosas como frijoles, y cada día de la semana se complete la ingesta proteica con fuentes de proteína animal diversa, y de preferencia con bajo

impacto medioambiental. Sin embargo, se incluyen cantidades moderadas de carne, incluso de res. La fuente de grasas sugeridas son el aguacate, el aceite de oliva, o en su defecto, las semillas como chía o semillas de calabaza. El postre sugerido es fruta mexicana como piña, papaya, tuna, guayaba, etc., y la bebida recomendada es agua natural o agua fresca sin azúcar.

# Guía alimentaria sostenible para México

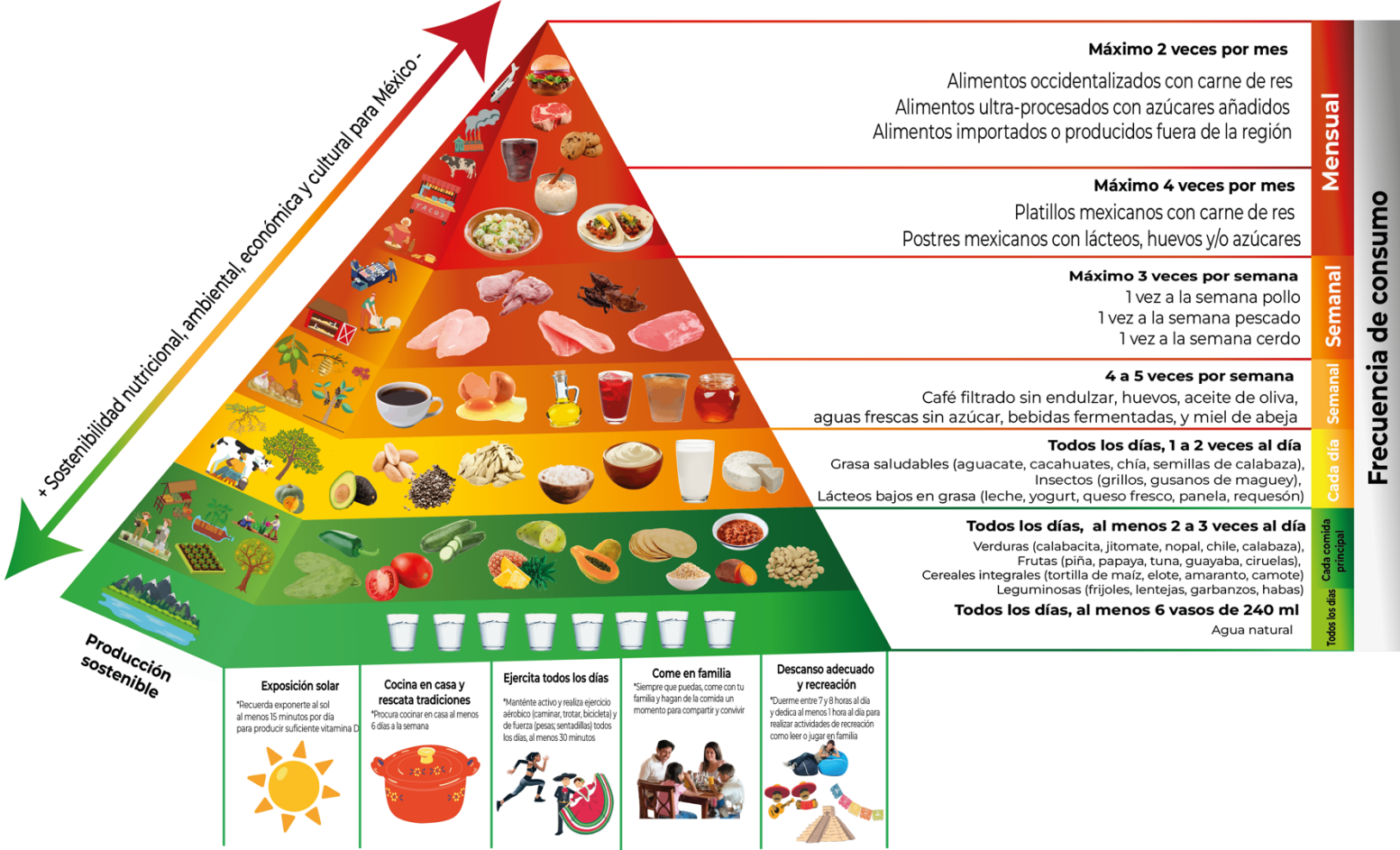


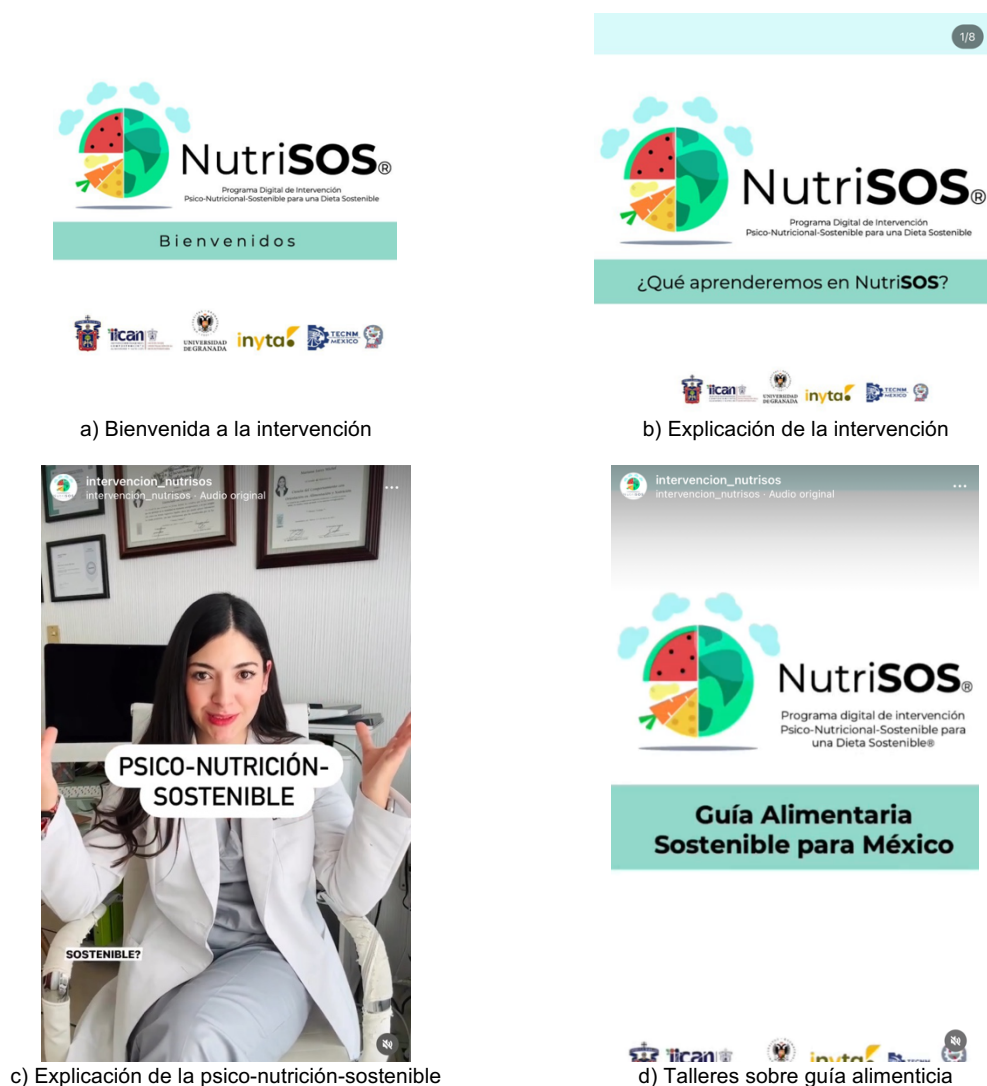
Figura 9. Propuesta de Guía alimentaria sostenible para México. Nota: Elaboración propia



Figura 10. Guía alimentaria sostenible para México, complementaria

## Material psico-nutricional-sostenible

El material diseñado para la intervención fue desarrollado con base en los objetivos conductuales de este estudio. En el apéndice electrónico x se presentan ejemplos de los objetivos conductuales establecidos. En la Figura 11 se muestran algunos ejemplos de los talleres psico-nutricionales-sostenibles desarrollados para la intervención.



**Figura 11. Ejemplo de los talleres psico-nutricionales-sostenibles desarrollados**

Adicionalmente, en la Tabla 17, se presentan ejemplos de los recordatorios cargados a la aplicación móvil, para su envío a la población. Cada uno de estos, estuvieron vinculados con los objetivos conductuales establecidos, así como con las función de intervención y técnicas de modificación conductual seleccionadas. Cada recordatorio fue programado para ser enviados en horarios y fechas establecidas, de acuerdo con el diseño de investigación de la intervención (Figura 1).

**Tabla 17. Ejemplos de los recordatorios establecidos de acuerdo con los objetivos conductuales, función de intervención y técnicas de modificación conductual**

Objetivo conductual	Función de intervención	Técnica de modificación conductual	Semana	Días*	Hora*	Título	Recordatorio
	Incentivación	Comunicación de beneficios / Empujones (nudges)	1	Lunes	9:00 am	¡Bienvenido a NutriSOS!	¡Bienvenido a NutriSOS! Muchas gracias por aceptar formar parte de este proyecto, que no sólo mejorará tu salud, sino que también mejorará la del planeta. Recuerda que en NutriSOS tendrás acceso a un chat para resolución de dudas, videos educativos, un foro donde podrás conocer a más personas interesadas en cuidar su salud y la del planeta. Además, podrás consultar tu plan alimenticio todo el tiempo, y podrás registrar tu consumo de alimentos y de actividad física. Recuerda que cada vez que registres el consumo de alimentos sostenibles o realices actividad física, recibirás puntos. Al final de la intervención, ¡quién complete más puntos se llevará un premio!
Incrementar conocimientos nutricionales-sostenibles	Educación / Persuasión	Comunicación de beneficios	1	Lunes	12:00 pm	¿Qué es la sostenibilidad alimentaria?	La sostenibilidad en la alimentación se refiere a que nuestra dieta sea 1) saludable y nutritiva, 2) económica, 3) culturalmente aceptable y 4) tenga bajo impacto ambiental. Siempre debemos preguntarnos si nuestros alimentos cumplen con esas características. Abre la aplicación NutriSOS para conocer más sobre la guía alimentaria NutriSOS.
	Educación / Persuasión	Comunicación de beneficios	1	Martes	10:00 am	¿Qué es la huella hídrica?	La huella hídrica es el agua que se necesitó para producir cada alimento que consumimos. Abre la aplicación NutriSOS para conocer qué alimentos tienen menos huella hídrica. Elegir esos alimentos al comer, puede ayudar a reducir la escasez de agua en México.
	Educación / Persuasión	Comunicación de beneficios	1	Miércoles	9:00 am	¿Qué es la huella de carbono?	La huella de carbono son las emisiones de gases de efecto invernadero que se generaron al producir cada alimento que consumimos. Abre la aplicación NutriSOS para conocer qué alimentos tienen menos huella de carbono. Elegir esos alimentos al comer, puede ayudar a reducir el cambio climático.

\*Adaptable a cada paciente y su contexto



## Diseño de planes alimenticios, menús y recetario sostenibles

Se realizaron un total de 17 dieto-cálculos, desde 1000 hasta 2600 calorías. En la Tabla 18 se presenta su distribución energética y macronutricional. En la Tabla 19 se presenta la distribución de porciones por grupos de alimentos y en la Tabla 20 se presenta la distribución de las porciones por tiempo de comida.

**Tabla 18. Composición macronutricional de los planes alimenticios**

Calorías del plan alimenticio	Calorías totales	Proteína (g)	Proteína (%)	Carbohidratos (g)	Carbohidratos (%)	Grasas (g)	Grasas (%)
1000	1015.00	53.00	21.00	122.00	49.00	34.00	30.00
1100	1107.50	55.00	20.00	137.00	50.00	36.70	30.00
1200	1190.00	59.00	20.00	147.00	50.00	39.50	30.00
1300	1307.50	64.00	19.00	164.50	51.00	42.50	30.00
1400	1400.00	71.00	21.00	172.00	49.00	46.00	30.00
1500	1495.00	72.00	21.00	194.50	50.00	46.00	29.00
1600	1600.00	76.00	19.00	204.50	52.00	51.50	29.00
1700	1700.00	78.00	18.00	227.00	54.00	51.50	28.00
1800	1805.00	81.00	19.00	249.50	55.00	51.50	26.00
1900	1910.00	84.00	18.00	261.00	55.00	56.50	27.00
2000	2005.00	88.00	18.00	280.00	56.00	56.50	26.00
2100	2102.50	93.50	18.00	295.00	56.00	58.00	26.00
2200	2205.00	96.00	18.00	320.00	58.00	57.00	24.00
2300	2295.00	104.00	18.00	327.50	58.00	60.00	24.00
2400	2397.50	107.00	18.00	346.50	58.00	61.50	24.00
2500	2512.50	113.00	18.00	368.00	59.00	62.00	23.00
2600	2617.50	116.50	18.00	384.50	59.00	64.50	23.00

Nota: Aunque el porcentaje de proteína se mantiene, conforme las calorías incrementan, se aumenta la proteína vegetal.

**Tabla 19. Planes alimenticios por porciones con diferente contenido energético**

Porciones por grupo de alimento	Calorías																
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600
Vegetales	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	8	8	8	8	8	9	9
Frutas	2	2	2	2	2.5	3.5	3.5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.5	4.5
CSGA	2	3	3	3.5	3.5	4	4	5	6.5	7	8	9	10	10.5	11	11	12
CCGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leguminosas	1	1	1.5	2	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	4	4
Leche	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Yogurt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Quesos frescos	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1
Huevo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pollo o pescado	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mariscos*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerdo	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5
Res*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aceites sin proteína	3	3.5	4	4.5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
Aceites con proteína	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.5	2.5	3
Azúcares sin grasa+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azúcares con grasa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: \*se pueden intercambiar por el pollo y pescado 1 vez a la semana. +Se pueden intercambiar por una fruta 1 vez a la semana. Cereales sin grasa ni azúcar = CSGA; Cereales con grasa o azúcar = CGA.

**Tabla 20. Distribución de tiempos de comidas por porciones con diferente contenido energético**

Grupo de alimento	Rango de calorías por día														
	1000 a 1400					1500 a 1900					2000 a 2600				
	Desayuno	Colación	Comida	Colación	Cena	Desayuno	Colación	Comida	Colación	Cena	Desayuno	Colación	Comida	Colación	Cena
Vegetales	2	1	2		1	2-3	1	2		1	2-3	1	2	1	2
Frutas		1-1.5		1		1	1	0.5	1	0.5	1	1-1.5	0.5	1	0.5
CSGA	1		1-1.5		1	1-2		2-3		1-2	3-4	0.5	3-4	0.5	2-3
CCGA											1		1-2		1
Leguminosas	0.5			1	0.5	1		1		0.5					
Leche	0.5					0.5									
Yogurt				0.5					0.5						
Quesos frescos					0.5					0.5					1
Huevo	1					1					1				
Pollo o pescado			1					1					1		
Mariscos															
Cerdo			0.5					0.5					0.5		
Res															
Aceites sin proteína	1-2		1-2		1	2		2-3		2	2		2-3		2
Aceites con proteína		1		1			1		1		1	1		1	
Azúcares sin grasa															
Azúcares con grasa															

Nota: Cereales sin grasa ni azúcar = CSGA; Cereales con grasa o azúcar = CGA.

Adicionalmente, se diseñó un recetario sostenible donde se incluyeron un total de 49 desayunos, 49 comidas, 49 cenas, y 98 colaciones y 28 licuados, con base en la guía alimentaria. A continuación, se presenta un ejemplo de los ingredientes y manera de preparación de una de las recetas incluidas en el recetario, para el desayuno, comida, cena, colaciones y licuado.

## Desayunos

### Chilaquiles rojos con huevo y queso fresco (1 porción para 1 persona)

#### Ingredientes:

- 1 tortilla de maíz
- 1 cucharadita de aceite de oliva extra virgen
- 1 huevo de gallina
- 40 gramos de queso fresco
- ½ jitomate
- ½ chile guajillo
- ¼ de taza de cebolla
- ½ cucharadita de ajo
- 1 taza de agua natural
- 1 pizca de sal opcional

#### Preparación:

- 1) Picar la tortilla en cuadros
- 2) Freír la tortilla picada, en el aceite a una temperatura media
- 3) Cocer el jitomate con el chile en 1 taza de agua natural
- 4) Licuar el jitomate cocido con el chile, la cebolla, el ajo y la sal
- 5) Agregar el huevo a las tortillas picadas
- 6) Servir las tortillas fritas con el huevo con la salsa, y arriba agregar el queso y cebolla al gusto

## Comidas

### Tacos de champiñones adobados (1 porción para 1 persona)

#### Ingredientes:

- 2 tazas de champiñones frescos
- ¼ taza cebolla
- ½ cucharadita ajo
- 1 cucharadita de aceite de oliva extra virgen
- ½ taza de frijoles de la olla

Para 250 mililitros de adobo:

- 4 chiles guajillos
- 4 chiles anchos sin semillas
- ½ cucharadita ajo
- ½ cebolla asada
- 2 cucharadas vinagre blanco
- 3 pimientas negras
- ¼ raja de canela
- 1/2 cucharadita de orégano
- 1 pizca de sal
- 2 cucharadas de aceite de oliva extra virgen

#### Preparación:

Para el adobo:

- 1) Moler en molcajete o licuadora los chiles, el ajo, la cebolla, el vinagre blanco, la pimienta, la canela, el orégano, la sal y 1 cucharada de aceite de oliva
- 2) Agregar 1 cucharada de aceite de oliva en una olla y verter la mezcla
- 3) Dejar hervir hasta que el adobo este ligeramente seco

Para los champiñones:

- 4) Lavar los champiñones y rebanarlos
- 5) Picar finamente el ajo y la cebolla
- 6) Agregar una cucharadita de aceite de oliva en un sartén y sofreír las verduras
- 7) Agregar el adobo y dejar hervir
- 8) Servir en una tortilla de maíz y acompañar con frijoles, cebolla y cilantro arriba

## Cenas

### Taco de frijoles con queso fresco y nopal asado (1 porción para 1 persona)

#### Ingredientes:

- 1 tortilla de maíz
- ½ taza de frijoles de la olla
- 40 gramos de queso fresco
- 1/3 de aguacate
- 1 nopal

#### Preparación:

- 1) Calentar la tortilla de maíz

- 2) Agregar los frijoles y el queso adentro de la tortilla
- 3) Lavar el aguacate y el nopal
- 4) Retirar las espinas en el nopal y colocar en un sartén por 7 minutos para que se ase
- 5) Servir el taco con el nopal y el aguacate

## **Colaciones**

### **Tunas con cacahuates (1 porción para 1 persona)**

#### **Ingredientes:**

- 2 tunas
- 12 cacahuates

#### **Preparación:**

- 1) Pelar las tunas y los cacahuates
- 2) Picar las tunas en cubos
- 3) Comer primero los cacahuates

## **Licuaos**

### **Licuaado verde con piña y chíá (1 porción para 1 persona)**

#### **Ingredientes:**

- 1 nopal
- 1 taza de verdolagas o espinacas
- $\frac{3}{4}$  taza de piña
- 5 cucharaditas de chíá
- 1 taza de agua natural o la necesaria para licuar

#### **Preparación:**

- 1) Lavar con jabón y desinfectar el nopal y las verdolagas o espinacas
- 2) Pelar y picar la piña en cubos
- 3) Picar el nopal en cuatro
- 4) Agregar a la licuadora toda la verdura, la fruta, la chíá y el agua para licuar
- 5) Licuar durante 40 segundos y servir en un vaso

## **Características de sostenibilidad de los planes alimenticios, menús y recetario**

En la Tabla 21 se muestran las características de sostenibilidad de algunos de los platillos diseñados para el desayuno. En el apéndice electrónico 23 se muestran las correspondientes a las comidas, las cenas, colaciones y licuaos. En cada tabla se incluyeron las 4 dimensiones de sostenibilidad. Respecto a medio ambiente, se incluyó huella hídrica total verde, azul y gris, así como la huella de carbono. Como elemento de economía se incluyó el precio de los alimentos. Respecto a elemento cultural, se incluyeron, en su mayoría, alimentos considerados como mexicanos. Finalmente, como aspectos relacionados a salud y nutrición se incluyeron las calorías de los alimentos y los siguientes nutrientes: proteína, lípidos, ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados, colesterol, hidratos de carbono, fibra, azúcar, etanol, tiamina,

riboflavina, niacina, piridoxina, cobalamina, ácido ascórbico, ácido fólico, vitamina A, calcio, fósforo, hierro total, magnesio, sodio, potasio, zinc, y selenio.

Como es posible observar, la mayoría de los platillos fueron principalmente mexicanos, en cuanto a la composición de sus ingredientes. Respecto a su impacto medioambiental, aunque fue variable entre tiempos de comida y platillos, la huella hídrica total de los desayunos osciló entre los 211 y 947 litros por porción, mientras que la huella de carbono estuvo entre los 0.24 hasta los 4.73 kg CO<sup>2</sup> eq, por porción. Las calorías estuvieron alrededor de las 300 por porción. No obstante, hubo casos como los molletes de frijoles con panela y salsa mexicana, que rebasaron las 600 calorías por porción. Respecto a las comidas, la mayoría de los platillos oscilaron en 400 litros por porción. Sin embargo, hubo algunos que alcanzaron más de 2,000 litros por porción. La huella de carbono estuvo por debajo de los 2 kg CO<sup>2</sup> eq, por porción en todas las comidas. En el caso de las cenas, todas estuvieron por debajo de los 1,000 litros por porción y tuvieron una huella de carbono alrededor de 1 kg CO<sup>2</sup> eq, por porción. El resto de los platillos, con su respectiva información de sostenibilidad se detallan en el apéndice electrónico 23.

**Tabla 21. Ejemplo de características de sostenibilidad de menús sostenibles para el desayuno**

Platillo	Cantidad	Medio ambiente				Huella de carbono (Co <sup>2</sup> eq)	Economía Precio (MXN)	Cultura Alimentos Mexicanos*	Salud y nutrición Nutrientes destacados						
		Huella hídrica (l)			Calorías (kcal)				Proteína (g)	Lípidos (g)	Grasa saturada (g)	Grasa monoinsaturada (g)			
		Total	Verde	Azul									Gris		
<b>Desayunos vegetarianos</b>															
Chilaquiles rojos con huevo y queso 1 taza (187.5 g)	Por porción	534.20	439.79	48.21	46.20	0.89	9.38	87.5%	261.75	15.78	13.29	4.31	6.26		
	Por kilogramo	2849.06	2345.56	257.12	246.38	4.73	50.01		1396.02	84.17	70.90	22.98	33.41		
Huevo a la mexicana con frijoles de la olla 1 porción (291.5 g)	Por porción	573.38	474.26	39.99	59.12	0.36	8.61	85.71%	329.05	15.87	12.15	2.28	5.78		
	Por kilogramo	1967.00	1626.97	137.20	202.83	1.22	29.52		1128.80	54.46	41.67	7.81	19.84		
Taco de frijoles con queso fresco y verdura 1 pieza (425 g)	Por porción	761.13	592.37	72.81	95.95	1.14	17.50	100%	379.65	19.80	13.55	3.73	5.96		
	Por kilogramo	1790.90	1393.81	171.32	225.77	2.69	41.19		893.29	46.59	31.89	8.78	14.02		
Mollete de frijoles y panela con salsa mexicana 1 porción (581.4 g)	Por porción	947.94	700.78	121.94	125.22	1.33	22.59	88%	651.08	27.22	18.99	4.03	6.14		
	Por kilogramo	1630.45	1205.33	209.74	215.38	2.29	38.86		1119.84	46.83	32.66	6.93	10.56		
Huevo con nopales 1 porción (291.5 g)	Por porción	624.73	491.79	52.34	80.60	0.41	10.06	80%	319.50	15.24	11.99	2.22	5.73		
	Por kilogramo	2143.16	1687.11	179.55	276.49	1.42	34.53		1096.05	52.28	41.13	7.62	19.65		
Quesadillas con champiñones 1 pieza (275 g)	Por porción	450.82	343.03	48.72	59.07	1.43	15.33	83.33%	247.54	14.80	8.90	2.98	4.35		
	Por kilogramo	1639.34	1247.37	177.16	214.81	5.21	55.74		900.16	53.83	32.37	10.85	15.82		
Huevo en salsa roja con rajas y frijoles de la olla 1 porción (296.5 g)	Por porción	590.03	476.67	48.44	64.92	0.48	9.32	88.88%	332.77	16.01	12.16	2.28	5.78		
	Por kilogramo	1990.00	1607.66	163.37	218.97	1.61	31.42		1122.32	54.01	41.02	7.70	19.49		
<b>Desayunos veganos</b>															
Chilaquiles verdes 1 porción (336.9 g)	Por porción	542.58	429.95	43.53	69.04	0.35	13.06	88.88%	296.79	10.26	12.02	0.90	3.86		
	Por kilogramo	1610.52	1276.20	129.22	204.94	1.05	38.76		880.94	30.44	35.68	2.67	11.47		
Calabacitas a la mexicana con elote y lentejas 1 porción (373.5 g)	Por porción	411.23	177.61	74.79	290.76	0.35	9.98	87.5%	300.32	15.02	6.72	0.88	3.94		
	Por kilogramo	1101.02	475.53	200.24	778.47	0.93	26.71		804.06	40.23	18.00	2.36	10.54		
Taco de ensalada de nopales con frijoles 1 pieza (420.5 g)	Por porción	548.77	405.96	57.54	85.27	0.52	14.69	100%	332.17	12.22	10.80	1.59	5.41		
	Por kilogramo	1305.05	965.43	136.84	202.77	1.23	34.94		789.93	29.07	25.68	3.78	12.88		
Mollete de frijoles con salsa mexicana 1 porción (483.4 g)	Por porción	585.63	407.20	80.87	97.57	0.58	14.14	85.71%	492.68	17.94	7.69	0.46	0.38		
	Por kilogramo	1211.49	842.36	167.29	201.84	1.19	29.24		1019.19	37.12	15.90	0.94	0.78		
Taco de champiñones 1 pieza (235 g)	Por porción	221.86	145.39	32.00	44.47	0.76	11.39	80%	181.94	6.68	6.10	0.82	3.79		
	Por kilogramo	944.07	618.66	136.16	189.25	3.22	48.47		774.23	28.44	25.97	3.50	16.13		
Nopales en salsa roja con rajas y frijoles de la olla 1 porción (401.5 g)	Por porción	516.56	380.88	53.81	81.88	0.60	12.69	88.8%	303.75	11.63	7.35	0.87	3.85		
	Por kilogramo	1286.59	948.64	134.01	203.93	1.49	31.61		756.53	28.97	18.30	2.17	9.58		
Tacos de lentejas a la mexicana 1 pieza (260.5 g)	Por porción	332.39	132.13	63.36	268.83	0.24	7.93	83.33%	262.29	11.85	6.10	0.80	3.85		
	Por kilogramo	1275.97	507.22	243.22	1031.98	0.94	30.46		1006.85	45.49	23.41	3.09	14.79		

Nota: \*porcentaje de alimentos mexicanos del total de la lista de ingredientes

Tabla 21. Ejemplo de características de sostenibilidad de menús sostenibles para el desayuno

Platillo	Cantidad	Salud y nutrición											
		Nutrientes destacados											
		Grasa polinsaturada (g)	Colesterol (g)	Hidratos de carbono (g)	Fibra (g)	Azúcar (g)	Etanol (g)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Piridoxina (mg)	Cobalamina (mg)	Ácido Ascórbico (mg)
<b>Desayunos vegetarianos</b>													
Chilaquiles rojos con huevo y queso 1 taza (187.5 g)	Por porción	1.60	233.99	20.59	1.73	0.30	0.00	0.16	0.32	0.80	0.16	0.68	19.88
	Por kilogramo	8.54	1247.92	109.80	9.21	1.60	0.00	0.85	1.69	4.25	0.86	3.61	106.04
Huevo a la mexicana con frijoles de la olla 1 porción (291.5 g)	Por porción	1.78	191.99	42.94	10.30	0.60	0.00	0.72	0.37	2.55	0.59	0.68	27.04
	Por kilogramo	6.11	658.61	147.31	35.32	2.06	0.00	2.48	1.27	8.76	2.02	2.32	92.76
Taco de frijoles con queso fresco y verdura 1 pieza (425 g)	Por porción	1.57	42.00	50.73	15.73	0.60	0.00	0.74	0.45	3.80	0.55	0.00	32.41
	Por kilogramo	3.69	98.82	119.37	37.02	1.41	0.00	1.74	1.06	8.95	1.29	0.00	76.27
Mollete de frijoles y panela con salsa mexicana 1 porción (581.4 g)	Por porción	2.08	42.00	96.79	21.78	0.39	0.00	1.08	0.53	5.64	0.78	0.00	45.42
	Por kilogramo	3.57	72.24	166.48	37.46	0.67	0.00	1.86	0.91	9.70	1.34	0.00	78.13
Huevo con nopales 1 porción (291.5 g)	Por porción	1.63	191.99	41.11	13.08	0.60	0.00	0.68	0.39	2.23	0.40	0.68	16.41
	Por kilogramo	5.61	658.61	141.04	44.85	2.06	0.00	2.34	1.35	7.64	1.36	2.32	56.29
Quesadillas con champiñones 1 pieza (275 g)	Por porción	1.00	42.00	27.46	4.92	0.30	0.00	0.76	0.69	5.61	0.27	0.00	15.32
	Por kilogramo	3.63	152.73	99.86	17.89	1.09	0.00	2.78	2.52	20.40	0.96	0.00	55.73
Huevo en salsa roja con rajas y frijoles de la olla 1 porción (296.5 g)	Por porción	1.85	191.99	43.90	9.96	0.60	0.00	0.75	0.38	2.78	0.61	0.68	141.46
	Por kilogramo	6.25	647.50	148.05	33.59	2.02	0.00	2.54	1.28	9.38	2.07	2.29	477.11
<b>Desayunos veganos</b>													
Chilaquiles verdes 1 porción (336.9 g)	Por porción	0.98	0.00	40.39	15.16	0.69	0.00	0.88	0.34	3.74	0.61	0.00	47.67
	Por kilogramo	2.91	0.00	119.89	44.99	2.06	0.00	2.61	1.02	11.11	1.82	0.00	141.49
Calabacitas a la mexicana con elote y lentejas 1 porción (373.5 g)	Por porción	1.05	0.00	49.07	13.02	3.00	0.00	0.46	0.63	2.25	24.04	0.00	61.03
	Por kilogramo	2.80	0.00	131.37	34.85	8.03	0.00	1.23	1.69	6.02	64.37	0.00	163.41
Taco de ensalada de nopales con frijoles 1 pieza (420.5 g)	Por porción	1.57	0.00	52.48	16.45	0.60	0.00	0.75	0.37	3.94	0.63	0.00	41.86
	Por kilogramo	3.73	0.00	124.80	39.13	1.43	0.00	1.78	0.88	9.36	1.51	0.00	99.55
Mollete de frijoles con salsa mexicana 1 porción (483.4 g)	Por porción	0.00	89.85	20.33	0.39	0.00	1.02	0.35	4.50	0.61	0.00	39.62	0.00
	Por kilogramo	0.00	185.86	42.05	0.81	0.00	2.11	0.73	9.31	1.27	0.00	81.97	0.00
Taco de champiñones 1 pieza (235 g)	Por porción	0.96	0.00	25.46	4.92	0.30	0.00	0.76	0.60	5.57	0.27	0.00	15.32
	Por kilogramo	4.07	0.00	108.35	20.94	1.28	0.00	3.22	2.54	23.70	1.13	0.00	65.21
Nopales en salsa roja con rajas y frijoles de la olla 1 porción (401.5 g)	Por porción	1.01	0.00	51.75	15.17	0.60	0.00	0.75	0.31	3.18	0.56	0.00	153.38
	Por kilogramo	2.52	0.00	128.90	37.79	1.49	0.00	1.86	0.78	7.92	1.40	0.00	382.03
Tacos de lentejas a la mexicana 1 pieza (260.5 g)	Por porción	0.90	0.00	42.05	10.60	2.10	0.00	0.37	0.15	1.71	0.37	0.00	28.51
	Por kilogramo	3.45	0.00	161.43	40.68	8.06	0.00	1.41	0.59	6.56	1.41	0.00	109.43

**Tabla 21. Continuación. Ejemplo de características de sostenibilidad de menús sostenibles para el desayuno**

Platillo	Cantidad	Salud y nutrición									
		Nutrientes destacados									
		Ácido Fólico (µg)	Vitamina A (µg RE)	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro total (mg)	Magnesio (mg)	Sodio (mg)	Potasio (mg)	Zinc (mg)	Selenio (mg)
<b>Desayunos vegetarianos</b>											
Chilaquiles rojos con huevo y queso 1 taza (187.5 g)	Por porción	67.86	128.89	377.32	226.14	2.21	40.11	363.82	295.78	1.07	0.00
	Por kilogramo	361.92	687.39	2012.38	1206.09	11.77	213.93	1940.38	1577.49	5.68	0.00
Huevo a la mexicana con frijoles de la olla 1 porción (291.5 g)	Por porción	85.06	118.18	316.99	497.08	6.96	167.45	87.93	1637.85	3.57	0.00
	Por kilogramo	291.80	405.43	1087.43	1705.24	23.88	574.44	301.65	5618.71	12.24	0.00
Taco de frijoles con queso fresco y verdura 1 pieza (425 g)	Por porción	81.79	260.23	677.67	531.37	6.43	254.81	333.94	2260.51	3.39	0.00
	Por kilogramo	192.44	612.29	1594.52	1250.27	15.14	599.56	785.73	5318.84	7.97	0.00
Mollete de frijoles y panela con salsa mexicana 1 porción (581.4 g)	Por porción	68.71	271.98	737.74	745.03	10.73	298.82	2083.79	2826.48	3.97	3.60
	Por kilogramo	118.18	467.79	1268.90	1281.45	18.46	513.96	3584.09	4861.51	6.83	6.19
Huevo con nopales 1 porción (291.5 g)	Por porción	55.28	277.24	408.94	497.81	6.70	228.32	85.29	1778.89	3.48	0.00
	Por kilogramo	189.64	951.07	1402.90	1707.74	22.97	783.27	292.58	6102.54	11.94	0.00
Quesadillas con champiñones 1 pieza (275 g)	Por porción	75.50	28.30	389.32	142.72	7.12	48.85	309.43	680.82	1.46	0.00
	Por kilogramo	274.56	102.91	1415.70	518.97	25.89	177.64	1125.18	2475.72	5.31	0.00
Huevo en salsa roja con rajas y frijoles de la olla 1 porción (296.5 g)	Por porción	84.67	134.66	305.18	499.64	7.02	166.21	88.48	1671.43	3.59	0.00
	Por kilogramo	285.57	454.18	1029.28	1685.11	23.68	560.58	298.41	5637.19	12.11	0.00
<b>Desayunos veganos</b>											
Chilaquiles verdes 1 porción (336.9 g)	Por porción	99.44	202.10	385.46	600.60	8.86	232.16	400.20	2150.93	3.89	3.60
	Por kilogramo	295.17	599.88	1144.13	1782.72	26.31	689.11	1187.89	6384.47	11.56	10.69
Calabacitas a la mexicana con elote y lentejas 1 porción (373.5 g)	Por porción	214.59	58.36	149.22	237.45	4.10	100.16	16.33	978.45	2.63	2.80
	Por kilogramo	574.54	156.26	399.51	635.75	10.98	268.17	43.72	2619.69	7.04	7.50
Taco de ensalada de nopales con frijoles 1 pieza (420.5 g)	Por porción	91.71	233.14	421.22	451.98	6.58	262.18	36.14	2343.51	3.48	0.00
	Por kilogramo	218.09	554.42	1001.72	1074.86	15.65	623.49	85.94	5573.16	8.28	0.00
Mollete de frijoles con salsa mexicana 1 porción (483.4 g)	Por porción	32.75	239.92	450.22	632.67	10.29	272.72	1781.47	2476.16	3.60	3.60
	Por kilogramo	67.75	496.31	931.35	1308.80	21.29	564.16	3685.29	5122.38	7.45	7.45
Taco de champiñones 1 pieza (235 g)	Por porción	75.50	0.30	115.72	54.72	7.00	48.85	9.43	680.82	1.46	0.00
	Por kilogramo	321.29	1.28	492.41	232.84	29.79	207.88	40.11	2897.11	6.21	0.00
Nopales en salsa roja con rajas y frijoles de la olla 1 porción (401.5 g)	Por porción	63.19	245.56	410.43	438.85	6.42	239.93	35.93	2078.84	3.20	0.00
	Por kilogramo	157.39	611.59	1022.23	1093.03	15.99	597.58	89.49	5177.68	7.97	0.00
Tacos de lentejas a la mexicana 1 pieza (260.5 g)	Por porción	204.47	35.61	121.19	237.45	3.27	77.46	12.12	735.23	1.77	2.80
	Por kilogramo	784.92	136.71	465.21	911.53	12.54	297.36	46.52	2822.40	6.81	10.75



## Funciones y material cargado a la aplicación móvil empleada

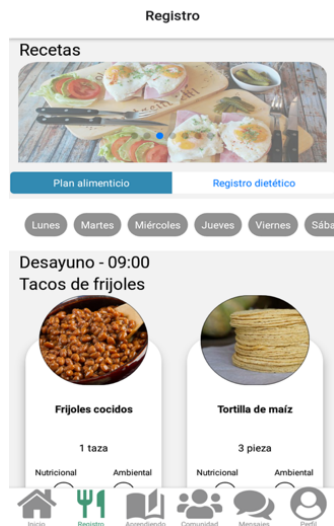
En la Figura 12 se presentan algunos ejemplos del material generado para ser cargado en la aplicación móvil empleada en la presente tesis. Algunos ejemplos de funcionalidades son la entrega de información relacionada con los elementos de sostenibilidad de los alimentos a consumir (Figura 12a), así como un foro para compartir fotografías de los alimentos a consumir (Figura 12b), así como la visualización de los planes alimenticios de los participantes y la realización de registros dietéticos para el monitoreo de los participantes (Figura 12d).



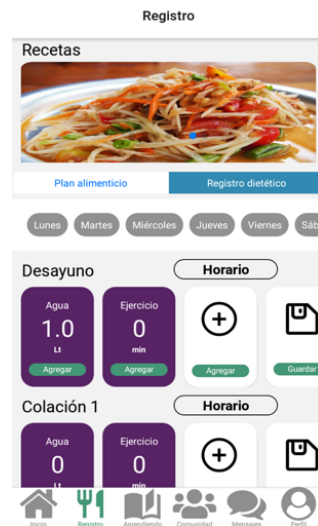
a) Información psico-nutricional-sostenible de cada alimento



b) Ejemplo de foro



c) Ejemplo de plan alimenticio en aplicación móvil



d) Ejemplo de registros dietéticos en la aplicación móvil

Figure 12. Ejemplos de las funciones de la aplicación empleada en la intervención

Resultados

## ETAPA 2

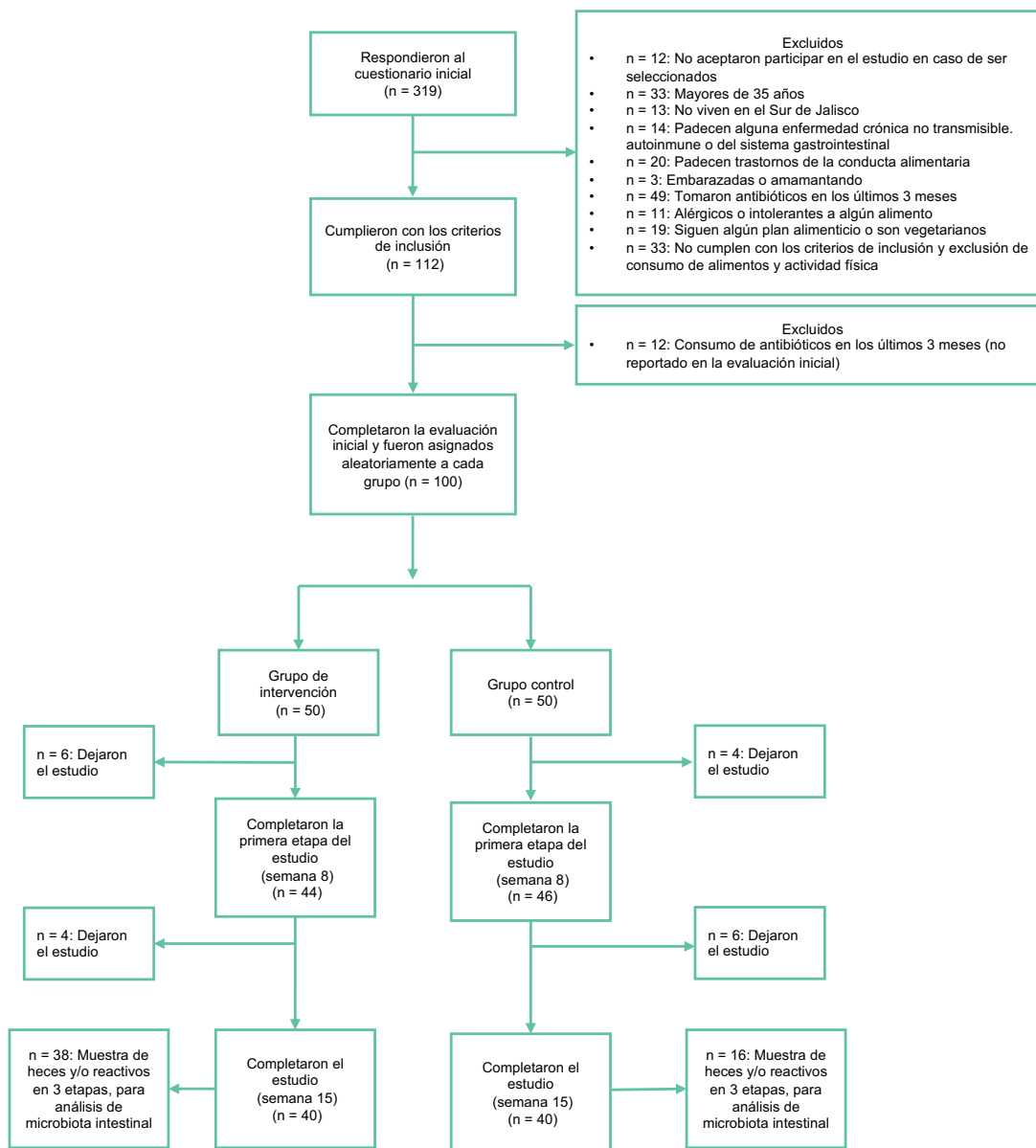
**Implementación de la intervención  
psico-nutricional-sostenible**

## Implementación de la intervención psico-nutricional-sostenible

A continuación, se presentan los resultados de la primera evaluación y diagnóstico del presente estudio.

### Características de los participantes

De manera inicial, se llevó a cabo un tamizaje para la selección de los participantes de la intervención. Al final del tamizaje inicial del estudio se obtuvo un total de 319 participantes potenciales (100%). De estos, el 96% (n = 307) señaló que aceptaría participar en el estudio en caso de ser seleccionados, de los cuales el 86% (n = 274) tienen entre 18 y 35 años, el 82% (n = 261) son del Sur de Jalisco, el 77% (n = 247) no padecen enfermedades crónicas no transmisibles, autoinmunes o del sistema gastrointestinal, y el 71% (n = 227) no padecen trastornos de la conducta alimentaria. Por su parte, el 70% (n = 224) no están embarazadas o amamantando; el 55% (n = 175) no han tomado antibióticos en los últimos 3 meses; el 51% (n = 164) no son alérgicos ni intolerantes a alimentos, y el 45% (n = 145) no siguen dietas específicas. Finalmente, el 35% (n = 112) cumplió con los criterios de inclusión y exclusión de consumo de alimentos y actividad física. De esta última cantidad, de manera aleatoria se generó el grupo control y de intervención con 50 participantes en cada uno, teniendo una muestra inicial de 100 participantes (100%). Al final del estudio un total de 80 participantes completaron las tres etapas de la investigación (80%), 40 en cada grupo (Figura 13).



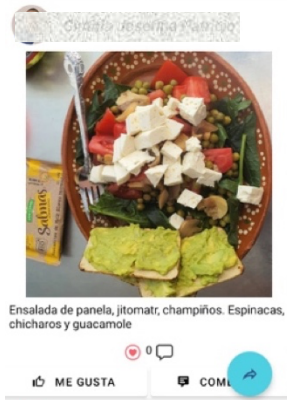
**Figura 13. Diagrama de flujo de la selección de participantes**

## Monitoreo nutricional y conductual de los participantes

Se solicitó a los participantes que subieran las fotografías de su consumo de alimentos al foro de la aplicación, al menos 2 veces por semana, un día entre semana y un día de fin de semana, y que realizaran registros dietéticos dentro de la aplicación móvil. En la Figura 14 se muestran algunas de las fotografías subidas a la aplicación respecto al consumo de una dieta sostenibles.



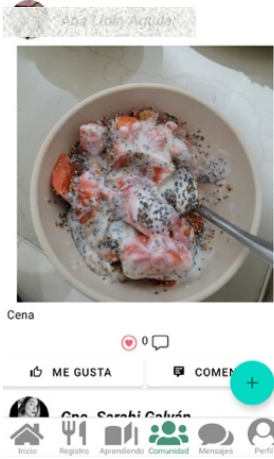
a) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



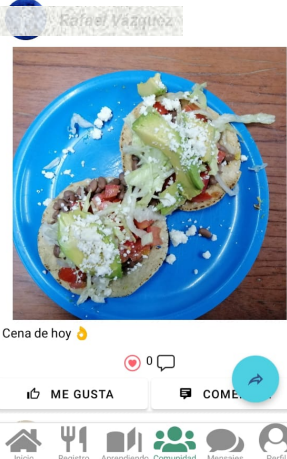
b) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



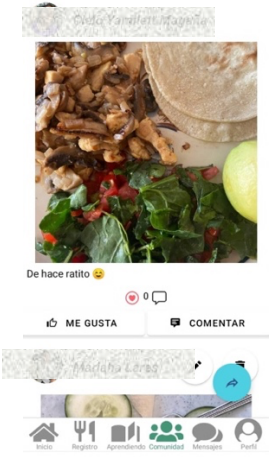
c) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



d) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



e) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



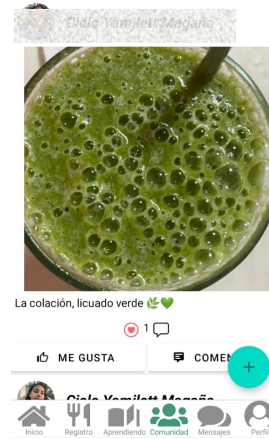
f) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



g) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



h) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



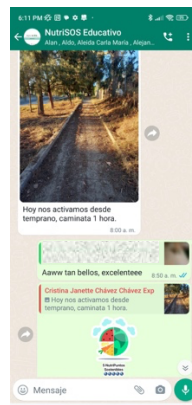
i) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS

Figura 14. Fotografías subidas al foro de la aplicación NutriSOS por los participantes

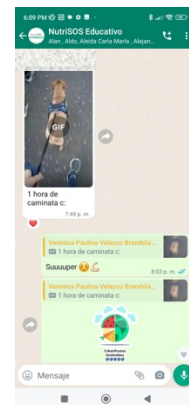
Adicionalmente, se empleó el sistema de equivalentes incorporado en la aplicación móvil y se diseñaron “stickers” para WhatsApp para desarrollar el sistema de economía de fichas. En la Figura 15 se muestran algunos ejemplos de la dinámica desarrollada.



a) Ejemplo de fotografías subidas al grupo de WhatsApp NutriSOS



b) Ejemplo de fotografías subidas al grupo de WhatsApp NutriSOS



c) Ejemplo de fotografías subidas al grupo de WhatsApp NutriSOS



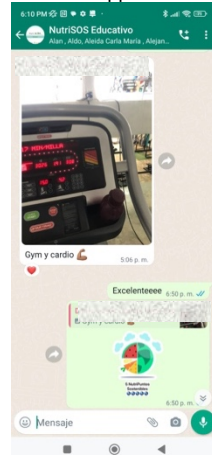
d) Ejemplo de fotografías subidas al grupo de WhatsApp NutriSOS



e) Ejemplo de fotografías subidas al grupo de WhatsApp NutriSOS



f) Ejemplo de fotografías subidas al grupo de WhatsApp NutriSOS



g) Ejemplo de fotografías subidas al grupo de WhatsApp NutriSOS



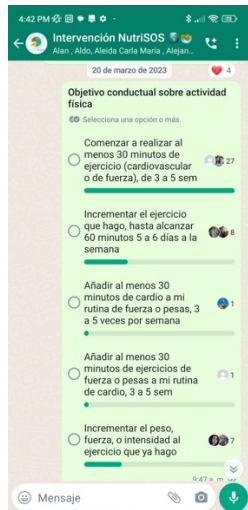
h) Ejemplo de fotografías subidas al grupo de WhatsApp NutriSOS



i) Ejemplo de fotografías subidas al grupo de WhatsApp NutriSOS

**Figura 15. Ejemplo del sistema de economía de fichas**

Además, como una técnica de monitoreo de los participantes, se realizaron encuestas semanales por medio de WhatsApp, para identificar la adherencia de los participantes a los objetivos conductuales. En la Figura 16 se presentan algunos ejemplos de estas encuestas.



a) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



b) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



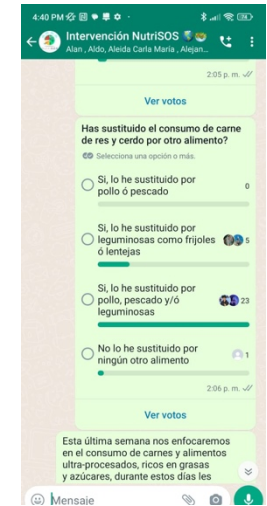
c) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



d) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



e) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS



f) Ejemplo de fotografías subidas a la aplicación móvil NutriSOS

**Figura 16. Encuestas semanales para monitoreo de adherencia al programa**

**Resultados**

## **ETAPA 3**

**Efectos del programa de intervención  
sobre los indicadores  
medioambientales, biomarcadores  
metabólicos y microbiota intestinal**



## Efectos del programa de intervención sobre los indicadores medioambientales, biomarcadores metabólicos y microbiota intestinal

A continuación, se presentan los resultados de la primera evaluación y diagnóstico del presente estudio.

### Características de los participantes

En la Tabla 22 se presentan las características sociodemográficas de la población. Como es posible observar, los grupos fueron estadísticamente homogéneos con respecto a características como su edad, nivel educativo, ocupacional y de ingresos ( $p > 0.05$ ). Además, la distribución entre sexos fue la misma entre grupos, siendo mayor la proporción de mujeres (70%). La edad promedio en ambos grupos estuvo entre los 24 y 25 años. Ambos grupos reportaron un nivel socioeconómico medio-alto.

**Tabla 22. Características de la población**

Variable	Grupo de intervención		Grupo control		p
	n = 40		n = 40		
<b>Edad</b>					
Edad promedio	24.4		25.15		0.3560
Desviación estándar	4.30		4.31		
Mínimo	19		19		
Máximo	35		34		
	n	%	n	%	
<b>Sexo</b>					
Mujeres	28	70	28	70	0.601
Hombres	12	30	12	30	
<b>Tiempo residiendo en el Sur de Jalisco</b>					
1 a 3 años	5	12.5	10	25	0.138
3 a 6 años	8	20	3	7.5	
6 a 9 años	2	5	2	5	
10 años o más	6	15	7	17.5	
Toda la vida	19	47.5	18	45	
<b>Nivel ocupacional</b>					
<b>Alto</b>					
Funcionarios directores y jefes	1	2.5	1	2.5	0.784
Profesionistas y técnicos	7	17.5	11	27.5	
Trabajadores auxiliares en actividades administrativas	2	5	4	10	
<b>Medio</b>					
Comerciantes, empleados en ventas y agentes de ventas	4	10	3	7.5	0.784
Trabajadores en servicios personales y de vigilancia	1	2.5	0	0	
Trabajadores en actividades agrícolas, ganaderas, forestales, caza y pesca	0	0	1	2.5	
Trabajadores artesanales	0	0	0	0	
Operadores de maquinaria industrial, ensambladores, choferes y conductores	0	0	0	0	
Ama de casa	1	2.5	0	0	
<b>Bajo</b>					
Trabajadores en actividades elementales y de apoyo	0	0	2	5	0.298
Estudiante	24	60	18	45	
<b>Ingreso mensual en pesos</b>					
0 - 2,699	9	22.5	10	25	0.298
2,700 - 6,799	17	42.5	12	30	
6,800 - 11,599	8	20	5	12.5	
11,600 - 34,999	5	12.5	13	32.5	
35,000 - 84,999	1	2.5	0	0	
+ 85,000	0	0	0	0	
<b>Nivel educativo</b>					
Sin estudios	0	0	0	0	0.392
Nivel básico	0	0	0	0	

Nivel medio superior	26	65	23	57.5
Nivel superior	14	35	17	42.5

Nota: Las comparaciones entre grupos se llevaron a cabo por medio de la prueba Chi Cuadrada. Un valor de  $p < 0.05$  se consideró como estadísticamente significativo.

## Datos clínicos, antropométricos y de composición corporal de los participantes

En la Tabla 23 se muestran los datos antropométricos y de composición corporal de la población, así como algunos de los datos clínicos considerados. Los datos bioquímicos también se presentan. Como se puede observar, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre grupos en la línea base del estudio ( $p > 0.05$ ). Con respecto al grupo de intervención, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de glucosa, colesterol total y colesterol HDL, entre las 3 etapas del estudio, con una tendencia a la disminución en el caso de los dos indicadores de colesterol, y una tendencia al aumento en el caso de la glucosa ( $p < 0.05$ ). Con respecto a las comparaciones entre el grupo control y de intervención, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de colesterol HDL, presión arterial sistólica y diastólica y circunferencia media de brazo contraída y relajada. Aunque no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre otros indicadores del grupo de intervención, si se identificó una tendencia a la disminución en los niveles de triglicéridos, grasa corporal, peso corporal e IMC. Así mismo, todos los pliegues cutáneos y circunferencias del grupo de intervención tuvieron una tendencia a la disminución, en contraste con el grupo control, el cual se mantuvo durante las tres etapas, e incluso, en algunos casos se presentaron incrementos como fue el caso de la circunferencia de cadera y peso corporal, entre otros indicadores.

**Tabla 23. Datos antropométricos, bioquímicos y clínicos de la población**

Variable	Grupo de intervención (n = 40)						p <sup>0</sup>	Grupo control (n = 40)						p*	p <sup>1</sup>	p <sup>2</sup>	p <sup>3</sup>
	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3			Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3					
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE		Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE				
<b>Bioquímicos</b>																	
Glucosa (mg/dL)	90.68	6.56	92.60	5.83	91.48	5.81	<b>0.0142</b>	88.68	11.71	91.63	11.12	90.83	12.17	0.4176	0.3003	0.7287	0.6575
Colesterol total (mg/dL)	158.69	29.75	139.18	38.42	139.93	37.49	<b>0.0021</b>	154.25	27.99	157.29	29.09	154.84	27.30	0.6462	0.9540	0.2181	0.3167
Colesterol HDL (mg/dL)	50.42	10.97	48.66	10.94	51.18	10.92	<b>0.0370</b>	52.08	10.95	54.57	12.41	52.47	11.63	0.6396	0.7986	<b>0.0250</b>	0.6236
Colesterol LDL (mg/dL)	103.75	29.43	101.63	27.76	102.29	30.48	0.4487	102.18	25.20	102.73	25.16	102.38	24.95	0.9853	0.8549	0.5508	0.7581
Triglicéridos (mg/dL)	103.40	53.03	92.33	51.91	95.80	49.03	0.3644	91.87	37.38	94.37	36.34	98.97	45.00	0.8029	0.5392	0.2563	0.2631
<b>Clínicos</b>																	
Presión arterial sistólica (mg/Hm)	104.88	15.99	96.00	12.36	102.63	12.76	0.8266	102.50	10.56	105.38	11.84	103.63	14.32	0.5448	0.6997	<b>0.0007</b>	0.8132
Presión diastólica (mg)	74.00	12.10	67.50	9.27	66.13	7.72	0.8221	66.5	8.47	69	10.35	66.75	8.93	0.7521	0.8403	<b>0.0011</b>	0.4191
<b>Antropométricos</b>																	
Talla (cm)	164.56	7.92	164.55	7.90	164.55	7.90	1.0000	164.64	8.12	164.64	8.12	164.64	8.12	0.9997	0.8173	0.8173	0.8173
Peso (kg)	71.77	21.90	70.74	20.96	70.97	20.69	0.9818	73.60	15.94	73.84	15.60	74.35	15.85	0.9885	0.3531	0.1906	0.1810
Grasa (%)	31.36	9.45	30.47	9.31	31.02	9.39	0.8312	31.67	9.04	31.65	9.24	31.96	9.10	0.9883	0.7839	0.4245	0.4854
Musculo (%)	45.75	11.30	45.86	11.67	45.56	11.32	0.9865	47.23	9.86	47.47	10.02	47.56	10.00	0.9991	0.3009	0.1939	0.1673
Hueso (kg)	2.44	0.56	2.44	0.58	2.44	0.57	0.9876	2.52	0.49	2.53	0.50	2.54	0.49	0.9967	0.2904	0.1558	0.1531
IMC	26.14	6.35	25.87	6.49	25.95	6.41	0.9240	26.91	5.51	27.19	5.13	27.40	5.35	0.8846	0.4645	0.1213	0.0742
Tasa metabólica	2350.83	564.20	2336.70	558.79	2326.33	538.95	0.9452	2406.65	455.88	2405.25	452.10	2412.20	452.38	0.9982	0.3263	0.2057	0.1906
Edad metabólica	41.90	23.17	39.55	22.73	39.98	23.39	0.8738	42.65	21.06	43.33	21.26	43.80	21.52	0.9695	0.8322	0.3477	0.3028
Agua (%)	50.27	6.25	50.80	6.13	50.46	6.15	0.7952	49.70	5.90	49.98	5.99	49.47	5.98	0.9425	0.6067	0.3531	0.2854
Grasa visceral (raiting)	5.30	4.56	4.93	4.24	4.93	4.17	0.9120	5.18	3.46	5.23	3.55	5.33	3.56	0.9788	0.8424	0.4766	0.3306
Grasa brazo derecho (%)	31.20	11.49	30.61	11.32	32.09	13.46	0.9507	33.12	11.04	32.19	11.10	32.62	11.30	0.9820	0.5316	0.4529	0.6202
Grasa brazo izquierdo (%)	32.05	11.36	31.16	11.42	31.30	11.65	0.9432	33.16	11.31	32.82	11.39	32.68	11.68	0.9806	0.6755	0.4025	0.4884
Grasa pierna derecha (%)	32.94	9.38	31.89	9.60	33.18	9.38	0.6940	32.98	11.14	33.38	10.71	33.63	10.74	0.9654	0.7691	0.3359	0.5800
Grasa pierna izquierda (%)	33.03	9.28	32.11	9.41	33.15	9.21	0.7488	32.85	11.03	33.36	10.47	33.60	10.47	0.9571	0.8474	0.3864	0.5412
Grasa del tronco (%)	29.90	10.53	29.20	10.24	29.52	10.29	0.8549	30.97	7.97	30.30	8.67	30.63	8.41	0.9805	0.6270	0.4616	0.3917
Musculo brazo derecho (%)	3.77	6.06	3.20	5.01	2.41	0.90	0.9021	2.45	0.76	3.43	5.84	3.30	4.98	0.8578	0.9693	0.3160	0.2118
Musculo brazo izquierdo (%)	3.95	6.28	2.42	0.91	2.43	0.88	0.6788	2.51	0.79	2.55	0.80	3.34	4.83	0.8726	0.9845	0.1916	0.1594
Musculo pierna derecha (%)	9.18	5.55	7.94	2.50	7.93	2.16	0.7385	7.88	2.06	8.08	2.08	9.05	5.22	0.6248	0.7986	0.3120	0.1211
Musculo pierna izquierda (%)	8.95	5.22	7.93	2.29	7.82	2.17	0.8521	8.55	3.09	8.11	1.85	8.95	5.28	0.9009	0.4644	0.2363	0.1212
Musculo del tronco (%)	24.82	6.37	24.65	6.09	24.99	5.28	0.9289	25.09	5.80	25.63	5.59	26.29	4.84	0.7608	0.6755	0.2198	0.1134
CMB (cm)	30.38	5.48	30.03	5.17	30.90	5.69	0.8134	31.98	4.61	32.37	4.64	32.18	4.62	0.9347	0.1236	<b>0.0330</b>	0.2056
CMB contraído (cm)	29.88	5.63	29.80	5.43	30.40	5.48	0.7848	31.58	4.50	31.70	4.50	31.57	4.59	0.9915	0.0798	<b>0.0464</b>	0.1857
Pliegue bicipital (mm)	12.15	8.70	9.00	6.53	8.71	6.57	0.0899	13.00	8.40	10.75	6.91	10.53	6.67	0.4119	0.5762	0.1741	0.1263
Pliegue tricipital (mm)	23.99	12.19	20.39	10.63	19.18	9.52	0.2263	26.15	12.76	22.91	9.25	22.83	8.85	0.4929	0.4076	0.1418	0.1445
Pliegue subescapular (mm)	29.09	18.52	24.06	14.88	24.15	13.08	0.4595	26.83	14.27	27.81	13.58	27.29	12.40	0.8772	0.7289	0.1198	0.4158
Pliegue abdominal (mm)	35.27	15.83	30.59	12.24	31.08	12.34	0.3319	36.33	14.73	33.20	13.16	33.13	13.34	0.5445	0.5570	0.4022	0.3864
Circunferencia de cintura (cm)	82.57	14.75	81.32	14.33	81.95	14.27	0.8810	83.57	12.45	83.68	12.66	84.05	13.45	0.9999	0.5098	0.2987	0.3864
Circunferencia abdominal (cm)	87.55	16.28	86.38	15.54	88.36	15.69	0.8014	89.92	14.02	89.88	14.55	89.87	14.45	0.9997	0.3708	0.2074	0.4824
Circunferencia de cadera (cm)	102.11	12.69	101.93	11.91	102.56	12.35	0.9660	101.89	17.81	104.90	10.04	105.30	9.97	0.7853	0.2365	0.0876	0.0979
Circunferencia de cuello (cm)	35.37	4.31	34.73	4.13	34.66	4.16	0.6835	35.01	3.11	35.02	3.08	35.27	3.41	0.9815	0.9195	0.6235	0.3555

Nota: Circunferencia media de brazo (CMB); p<sup>0</sup> = diferencias entre etapas en grupo de intervención; p\* = diferencias entre etapas en grupo control; p<sup>1</sup> = diferencias basales entre grupos; p<sup>2</sup> = diferencias entre grupos en segunda etapa; p<sup>3</sup> = diferencias entre grupos en tercera etapa. Para todas las comparaciones entre etapas, se empleó la prueba Kruskal-Wallis. Para todas las comparaciones entre grupos, se empleó la prueba U de Mann Whitney.

En la Tabla 24 se presentan las proporciones de las clasificaciones de datos clínicos, antropométricos y de composición corporal de la población. De manera basal no existieron diferencias estadísticamente significativas entre grupos ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, entre las etapas del grupo de intervención se identificó una diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de presión arterial, así como en los niveles auto percibidos de cansancio, al reportar menores niveles de cansancio durante la intervención ( $p < 0.05$ ). Entre grupos únicamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las proporciones de participantes con niveles de presión arterial adecuada y elevada, demostrando que la intervención es efectiva para disminuir los niveles de presión. Aunque las proporciones de la población con niveles de grasa corporal no fueron estadísticamente significativas, se encontró una disminución de niveles excesivos en el 7.5% en la población, hallazgos que coincidieron con la circunferencia de cintura. Las proporciones de población con niveles de índice cintura-cadera elevados también disminuyeron.

**Tabla 24. Proporciones de datos clínicos, antropométricos y de composición corporal durante las etapas del estudio**

Variable	Grupo de intervención (n = 40)						p'	Grupo control (n = 40)						p*	p <sup>1</sup>	p <sup>2</sup>	p <sup>3</sup>
	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3			Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3					
	n	%	n	%	n	%		n	%	n	%	n	%				
<b>Índice de Masa Corporal (IMC)</b>																	
Bajo peso	0	0	0	0	0	0	0.976	0	0	0	0	0	0	0.995	0.251	0.521	0.114
Normopeso	19	47.5	20	50	22	55		19	47.5	18	45	17	42.5				
Sobrepeso	9	22.5	11	27.5	9	22.5		12	30	12	30	13	32.5				
Obesidad I	9	22.5	6	15	7	17.5		5	12.5	7	17.5	6	15				
Obesidad II	1	2.5	1	2.5	0	0		4	10	3	7.5	4	10				
Obesidad III	2	5	2	5	2	5		0	0	0	0	0	0				
<b>Porcentaje de grasa corporal</b>																	
Bajo	0	0	0	0	0	0	0.783	0	0	0	0	0	0	0.899	0.644	0.644	0.648
Normal	14	35	16	40	17	42.5		16	40	14	35	15	37.5				
Excesivo	26	65	24	60	23	57.5		24	60	26	65	25	62.5				
<b>Porcentaje de músculo</b>																	
Bajo	0	0	0	0	0	0	0.917	0	0	0	0	0	0	1.000	0.166	0.090	0.166
Adecuado	4	10	5	12.5	4	10		1	2.5	1	2.5	1	2.5				
Elevado	36	90	35	87.5	36	90		39	97.5	39	97.5	39	97.5				
<b>Grasa visceral</b>																	
Adecuada	37	92.5	37	92.5	37	92.5	1.000	36	90	37	92.5	36	90	0.905	0.692	1.000	0.692
Elevada	3	7.5	3	7.5	3	7.5		4	10	3	7.5	4	10				
<b>Circunferencia de cintura</b>																	
Adecuada	22	55	24	60	25	62.5	0.785	24	60	22	55	22	55	0.873	0.651	0.651	0.496
Elevada	18	45	16	40	15	37.5		16	40	18	45	18	45				
<b>Índice cintura cadera</b>																	
Adecuada	35	87.5	37	92.5	35	87.5	0.708	31	77.5	34	85	33	82.5	0.677	0.239	0.288	0.531
Elevada	5	12.5	3	7.5	5	12.5		9	22.5	6	15	7	17.5				
<b>Circunferencia de cuello</b>																	
Adecuada	26	65	29	72.5	31	77.5	0.459	27	67.5	28	70	29	72.5	0.888	0.813	0.805	0.606
Elevada	14	35	11	27.5	9	22.5		13	32.5	12	30	11	27.5				
<b>Presión arterial</b>																	
Adecuada	32	80	39	97.5	40	100	0.001	40	100	38	95	37	92.5	0.232	0.006	0.152	0.305
Elevada	8	20	1	2.5	40	100		0	0	2	5	3	7.5				
<b>Acantosis nigricans</b>																	
0	28	70	34	85	34	85	0.300	27	67.5	28	70	28	70	1.000	0.339	0.344	0.103
1	8	20	3	7.5	5	12.5		5	12.5	4	10	4	10				
2	4	10	3	7.5	1	2.5		7	17.5	7	17.5	7	17.5				
3	0	0	0	0	0	0		1	2.5	1	2.5	1	2.5				
<b>Cansancio habitual</b>																	
No	14	35	28	71.79	23	57.5	0.004	20	50	21	52.5	22	55	0.905	0.260	0.108	0.822
Si	26	65	11	28.21	17	42.5		20	50	19	47.5	18	45				

Nota: 0 = No presencia; 1 = Leve; 2 = Moderado; 3 = Muy notorio. p' = Diferencias entre grupo de intervención intra-sujeto. p\* = Diferencias entre grupo control intra-sujeto. p<sup>1,2,3</sup> = Diferencias entre grupos por etapa.

## Actividad física de los participantes

En la Tabla 25 se muestra la actividad física reportada por ambos grupos. Basalmente, no existieron diferencias entre grupos ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, tampoco se presentaron diferencias posteriores a la intervención. No obstante, la duración de actividad física realizada al final del estudio incrementó en 9 minutos en el grupo de intervención, mientras que en el grupo control se identificó una disminución. Además, posterior a la intervención, se identificó un aumento en la cantidad de participantes realizando ejercicio de tipo aeróbico. Adicionalmente, en comparación con el inicio de la intervención, donde el 37.5% de la población de intervención reportó no realizar actividad física ninguna vez a la semana, y el 57.50% reportó realizar actividad menos de 3 veces por semana, después de las 7 semanas de intervención, el 75% señaló realizar actividad física más de 3 veces por semana. A pesar de esto, al finalizar la semana 15 de intervención, se encontró un retorno a los niveles basales.

**Tabla 25. Actividad física durante las etapas del estudio por grupo**

Actividad física	Grupo de intervención (n = 40)							p	Grupo control (n = 40)							p	p <sup>1</sup>
	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3		Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3						
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio		DE	Promedio	DE	Promedio	DE				
Frecuencia semanal	2.48	2.03	2.42	2.07	3.2	1.52	0.2775	2.8	2.10	2.92	1.93	2.85	1.96	0.9492			
Duración en minutos	40.55	39.70	41.5	38.13	49.25	42.38	0.5142	58.25	53.48	58.75	52.97	56.5	53.27	0.9655			
Frecuencia semanal	n	%	n	%	n	%	0.091	n	%	n	%	n	%	0.874	0.402		
Ninguna vez	15	37.5	3	7.5	15	37.5		11	27.5	6	15	8	20				
1 vez	0	0	3	7.5	0	0		2	5	7	17.5	5	12.5				
2 veces	3	7.5	4	10	3	7.5		2	5	2	5	2	5				
3 veces	5	12.5	12	30	5	12.5		8	20	7	17.5	6	15				
4 veces	10	25	11	27.5	10	25		6	15	8	20	11	27.5				
5 veces	6	15	5	12.5	6	15		8	20	7	17.5	5	12.5				
6 veces	1	2.5	2	5	1	2.5		3	7.5	3	7.5	3	7.5				
7 veces	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Tipo de actividad física							0.478							1.000	0.642		
Ninguna	14	35	3	7.5	14	35		9	22.5	6	15	8	20				
Aeróbico	10	25	18	45	9	22.5		15	37.5	19	47.5	18	45				
Anaeróbico	5	12.5	5	12.5	5	12.5		6	15	3	7.5	6	15				
Aeróbico y anaeróbico	11	27.5	14	35	12	30	10	25	12	30	8	20					
Duración en minutos							0.441							0.998	0.096		
0	14	35	4	10	14	35		8	20	6	15	8	20				
10	0	0	1	2.5	0	0		0	0	0	0	1	2.5				
20	1	2.5	4	10	1	2.5		6	15	1	2.5	6	15				
30	7	17.5	10	25	7	17.5		2	5	10	25	2	5				
40	2	5	9	22.5	3	7.5		3	7.5	5	12.5	2	5				
50	3	7.5	1	2.5	3	7.5		1	2.5	1	2.5	2	5				
60	6	15	3	7.5	6	15		7	17.5	5	12.5	6	15				
90	2	5	2	5	2	5		6	15	9	22.5	7	17.5				
120	4	10	4	10	3	7.5		5	12.5	3	7.5	4	10				
150	1	2.5	1	2.5	1	2.5		1	2.5	0	0	0	0				
180	0	0	1	2.5	0	0		0	0	0	0	1	2.5				
240 o más	0	0	0	0	0	0	1	2.5	0	0	1	2.5					
Intensidad							0.141							1.000	0.349		
Ninguna	4	10	3	7.5	4	10		5	12.5	3	7.5	5	12.5				
Leve	16	40	10	25	15	37.5		11	27.5	12	30	11	27.5				
Moderada	19	47.5	22	55	19	47.5		18	45	17	42.5	18	45				
Intensa	1	2.5	5	12.5	2	5	6	15	8	20	6	15					

Nota: p<sup>1</sup> = Comparaciones basales entre grupos.

## **Ingesta nutricional de los participantes**

En la Tabla 26 se presenta el consumo de energía, macro y micronutrientes de la población, en cada etapa y divididos por grupo de intervención y grupo control. Basalmente, no se identificaron diferencias entre grupos ( $p > 0.05$ ). Se identificó una disminución estadísticamente significativa entre la ingesta energética del grupo de intervención en la semana 0 y 8. El consumo de carbohidratos, azúcar, proteína, lípidos, ácidos grasos mono, poli y saturados, colesterol, y sodio, disminuyó significativamente después del periodo de intervención. Sin embargo, el consumo de calcio, fosforo, hierro, riboflavina, zinc, selenio, riboflavina, niacina y cobalamina también disminuyeron. Por otra parte, la ingesta de potasio incrementó de manera significativa. De manera general, el grupo control presentó una tendencia a la disminución en el consumo de energía, micro y macronutrientes. Entre grupos, se identificó una disminución estadísticamente significativa en el consumo de energía, azúcar, proteína, grasas totales y saturadas, colesterol, hierro hem, selenio, niacina, piridoxina, ácido fólico y etanol ( $p < 0.05$ ), en el grupo de intervención, respecto el grupo control. Por otro lado, se encontró un aumento significativo en la ingesta de fibra, potasio, ácido ascórbico, ( $p > 0.05$ ) en el grupo de intervención respecto el grupo control. Al final de la intervención, en la semana 15, únicamente se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre grupos en el caso del hierro hem y el ácido ascórbico, con una tendencia a disminución en el primer caso, y a aumento en el segundo.



**Tabla 26. Ingesta nutricional de la población por grupo y etapa**

Variable	Grupo de intervención (n = 40)						p1	Grupo control (n = 40)						p2	pe1	pe2	pe3
	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3			Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3					
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE		Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE				
Gramos (g)	4176.37a	1870.88	4038.16a	1455.29	3756.06a	1271.12	0.4694	4419.51a	1374.84	4006.33a	1327.29	3658.06b	1096.96	<b>0.0306</b>	0.0903	0.9386	0.9846
Energía (Kcal)	3512.90a	1694.02	2170.37b	829.35	2267.41b	903.52	<b>0.0000</b>	3188.37a	959.14	2589.65b	802.84	2431.64b	698.31	<b>0.0002</b>	0.9005	<b>0.0175</b>	0.2328
Fibra (g)	34.82a	18.55	38.01a	14.95	29.75a	14.29	0.0714	35.67a	15.49	29.50a	23.75	26.91a	22.62	0.1620	0.4245	<b>0.0018</b>	0.1190
Hidratos de carbono (g)	413.63a	203.21	279.64b	93.09	277.62b	96.92	<b>0.0000</b>	405.78a	147.23	328.80b	126.22	306.14b	117.73	<b>0.0024</b>	0.5900	0.0903	0.3865
Azúcar (g)	136.10a	69.74	78.77b	46.40	88.48b	36.84	<b>0.0000</b>	178.17a	119.85	147.56a	109.49	141.72a	117.80	0.3224	0.1019	<b>0.0001</b>	0.0531
Proteína (g)	140.09a	74.69	89.21b	39.83	94.56b	46.90	<b>0.0001</b>	130.63a	44.28	111.40ab	51.21	102.14b	41.67	<b>0.0207</b>	0.7728	<b>0.0145</b>	0.2290
Lípidos (g)	145.80a	74.21	79.13b	34.99	86.06b	38.64	<b>0.0000</b>	118.51a	37.87	93.97b	28.70	88.79b	26.03	<b>0.0001</b>	0.1358	<b>0.0134</b>	0.2812
AG Saturados (g)	44.97a	25.43	19.38b	10.45	23.82b	11.52	<b>0.0000</b>	36.38a	14.87	28.86b	11.60	27.95b	10.91	<b>0.0056</b>	0.0050	<b>0.0001</b>	0.0606
AG Monoinsaturados (g)	41.91a	20.83	26.49b	13.98	26.43b	13.32	<b>0.0000</b>	30.99a	10.70	24.72b	8.57	23.33b	7.86	<b>0.0005</b>	0.0833	0.9233	0.5317
AG Poliinsaturados (g)	26.70a	16.22	15.06b	10.63	14.54b	8.93	<b>0.0000</b>	21.87a	15.44	16.52a	9.90	17.03a	11.48	0.1120	0.0833	0.2602	0.2562
Colesterol (mg)	572.62a	355.32	336.69a	169.72	408.37b	269.46	<b>0.0007</b>	577.56a	256.20	476.40a	298.90	453.63a	216.60	0.0796	0.3708	<b>0.0194</b>	0.1842
Calcio (mg)	1596.62a	774.31	1389.59ab	488.46	1261.28b	481.29	<b>0.0439</b>	1597.38a	616.23	1461.61a	853.77	1288.45a	671.43	0.1626	0.7581	0.8099	0.9005
Fósforo (mg)	1926.19a	968.80	1520.29b	624.03	1457.53b	644.61	<b>0.0137</b>	1842.13a	632.59	1669.52a	1098.48	1532.69a	1032.41	0.3431	0.8024	0.7003	0.9005
Hierro Hem (mg)	8.00a	4.78	3.63b	2.35	5.13a	2.92	<b>0.0000</b>	8.01a	2.98	6.49ab	3.21	5.89b	2.10	<b>0.0030</b>	0.3311	<b>0.0000</b>	<b>0.0496</b>
Hierro No Hem (mg)	22.41a	11.88	20.55a	8.31	17.31a	7.96	0.0579	21.45a	9.19	18.34a	13.78	17.33a	13.94	0.3108	0.9923	0.0519	0.4764
Hierro total (mg)	30.41a	14.15	24.19b	9.05	22.44b	9.47	<b>0.0045</b>	29.46a	11.09	24.83a	14.73	23.21a	14.48	0.1053	0.8549	0.7218	0.9157
Magnesio (mg)	529.78a	266.87	520.92a	213.64	452.21a	191.80	0.2487	527.89a	217.69	472.08a	365.23	440.24a	363.12	0.4720	0.7508	0.0543	0.1436
Sodio (mg)	4800.33a	3157.03	2276.20b	1133.91	3085.21b	1632.25	<b>0.0000</b>	4135.03a	1597.49	3460.16ab	1436.56	3296.57b	1274.20	<b>0.0252</b>	0.8701	<b>0.0000</b>	0.1811
Potasio (mg)	4663.17a	2416.62	4784.70a	1984.11	4088.04a	1853.83	0.2881	4755.57a	1941.16	4251.98a	3742.59	3903.61a	3678.57	0.4971	0.5006	<b>0.0359</b>	0.1260
Zinc (mg)	17.16a	8.15	12.40a	4.66	12.42a	5.26	<b>0.0007</b>	16.15a	5.77	14.20a	8.02	13.20a	7.73	0.1850	0.8549	0.4357	0.9081
Selenio (mg)	57.59a	29.45	27.76b	23.72	34.85b	25.21	<b>0.0000</b>	52.58a	25.32	42.35ab	21.25	39.92b	20.99	<b>0.0324</b>	0.6442	<b>0.0000</b>	0.0867
Vitamina A (µg RE)	1011.34a	502.91	848.98a	452.70	836.91a	387.06	0.1581	1269.53a	663.98	1007.63ab	514.38	904.07b	381.89	<b>0.0082</b>	0.0885	0.0979	0.3918
Acido Ascórbico (mg)	301.18a	178.21	317.38a	113.60	266.17a	149.99	0.2978	327.20a	206.10	203.86b	122.67	182.05b	109.14	<b>0.0001</b>	0.5317	<b>0.0000</b>	<b>0.0053</b>
Tiamina (mg)	2.59a	1.23	2.16a	0.86	2.27a	1.07	0.1791	3.02a	1.34	2.67a	2.00	2.45a	1.78	0.3268	0.0960	0.3708	0.8701
Riboflavina (mg)	3.19a	1.79	2.23b	1.03	2.47ab	1.29	<b>0.0074</b>	3.49a	1.42	2.93ab	1.62	2.69b	1.25	<b>0.0438</b>	0.1358	<b>0.0319</b>	0.3457
Niacina (mg)	26.55a	13.08	16.90b	7.16	18.46b	9.13	<b>0.0001</b>	26.25a	10.84	21.93ab	10.57	20.15b	8.34	<b>0.0219</b>	0.5900	<b>0.0319</b>	0.2145
Piridoxina (mg)	8.19a	6.32	12.16a	9.21	9.25a	7.89	0.0707	8.90a	5.57	7.14a	5.73	7.16a	6.86	0.3350	0.3556	<b>0.0282</b>	0.1544
Acido Fólico (µg)	434.75a	184.64	422.66a	161.06	361.23a	159.32	0.1172	435.95a	184.98	357.14ab	136.16	326.54b	141.41	<b>0.0065</b>	0.8776	<b>0.0024</b>	0.3216
Cobalamina (mg)	8.08a	4.45	4.01b	2.68	5.08b	2.68	<b>0.0000</b>	8.07a	3.43	6.35ab	3.15	5.96b	2.42	<b>0.0053</b>	0.6033	0.0580	0.0675
Etanol (g)	7.78a	15.17	6.37a	14.92	8.60a	13.86	0.7896	8.30a	9.74	7.17a	11.06	10.38a	19.36	0.5871	0.2207	<b>0.0001</b>	0.5108

\*Nota: Valor de p obtenido por medio de prueba de Friedman. Las letras indican diferencias estadísticamente significativas entre etapas por medio de prueba post-hoc de Dunn. 1= Comparaciones entre etapa en el grupo de intervención. 2 = Comparaciones entre etapas en grupo control. pe1, pe2 y pe3 = Comparaciones entre etapa 1, 2 y 3, grupos, respectivamente y empleando prueba U de Mann Whitney.

## Consumo de alimentos de los participantes

En la Tabla 27 se presentan los resultados del consumo de alimentos del grupo de intervención y grupo control. Como es posible identificar, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre grupos de manera basal ( $p > 0.05$ ). En la etapa 2 se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos, en el consumo de verduras, frutas, aceites con proteína, leguminosas, y aceites sin proteína, con un mayor consumo en el grupo de intervención ( $p < 0.05$ ). Por otra parte, el consumo de cereales con grasa, comida rápida, comida mexicana, aves, carnes rojas, carnes procesadas, refrescos, jugos, café y té con leche, bebidas para deportista tuvieron un mayor consumo en el grupo control respecto al grupo de intervención ( $p < 0.05$ ).

En cuanto al consumo de alimentos durante las etapas del estudio, en el grupo de intervención se encontraron aumentos estadísticamente significativos en el consumo de verduras, aceites con proteína, leguminosas, y agua natural. En este mismo grupo se encontraron disminuciones en el consumo de cereales con grasa, azúcares con y sin grasa, comida rápida, comida mexicana, aves, carnes rojas, carnes procesadas, condimentos, café y té sin leche. En el grupo control, en general, se observó un mantenimiento en los consumos de alimentos, sin embargo, se identificó una disminución en el consumo de frutas, carnes rojas, comida mexicana y condimentos ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 27. Consumo de alimentos de la población por grupo y etapa**

Variable	Grupo de intervención (n = 40)						p1	Grupo control (n = 40)						p2	pe1	pe2	pe3
	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3			Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3					
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE		Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE				
Leche y yogurt	181.56a	145.35	143.41a	103.06	141.77a	132.18	0.2944	207.36a	172.91	171.63a	123.68	153.44a	111.23	0.2127	0.4975	0.3555	0.4051
Quesos	49.59a	46.99	38.39a	25.40	36.38a	35.29	0.2310	42.97a	27.09	45.82a	73.21	34.88a	22.74	0.5587	0.9846	0.7654	0.5507
Verduras	305.71a	200.78	475.19b	214.22	362.07b	245.52	<b>0.0030</b>	341.28a	168.58	282.16a	147.37	264.56a	169.10	0.0897	0.1516	<b>0.0000</b>	0.0404
Frutas	368.42a	253.23	341.84ab	157.12	274.82a	146.99	0.0841	394.85a	249.00	215.52b	155.96	237.41b	143.24	<b>0.0001</b>	0.5129	<b>0.0003</b>	0.3359
Aceites con proteína	14.83	20.80	21.09	12.00	10.33	10.46	<b>0.0075</b>	10.35a	12.00	6.28a	7.49	6.22a	6.72	0.0686	0.3239	<b>0.0000</b>	<b>0.0219</b>
Leguminosas	97.23a	101.05	158.09b	106.35	110.23	94.40	<b>0.0199</b>	94.13a	63.11	114.88a	233.48	71.75a	52.85	0.4050	0.4883	<b>0.0004</b>	0.0701
Cereales sin grasa	313.49a	150.36	214.80b	103.80	218.51b	112.51	<b>0.0005</b>	293.50a	160.07	249.66a	129.68	231.97a	114.35	0.1188	0.4824	0.2727	0.6304
Cereales con grasa	98.97a	84.14	25.65b	23.07	39.87b	22.19	<b>0.0000</b>	78.36a	54.82	65.81a	42.18	65.58a	42.18	0.3794	0.2812	<b>0.0000</b>	<b>0.0024</b>
Aceites sin proteína	50.69a	26.54	47.88a	35.54	39.68a	31.06	0.2662	33.70a	17.85	29.42a	23.39	29.85a	23.33	0.6236	0.0045	<b>0.0080</b>	0.1449
Azúcares con y sin grasa	48.39a	36.07	20.57b	20.26	28.32b	47.96	<b>0.0028</b>	49.20a	34.31	38.47a	34.74	35.32a	28.01	0.1392	0.9693	<b>0.0049</b>	0.1168
Comida rápida	88.66a	96.02	34.14b	45.10	56.55ab	52.90	<b>0.0023</b>	74.28a	40.26	75.68a	56.42	64.66a	48.85	0.5502	0.7218	<b>0.0000</b>	0.1572
Comida mexicana	218.32a	184.77	92.68b	76.33	113.86b	77.31	<b>0.0000</b>	181.73a	143.84	138.41a	66.51	121.95ab	74.94	<b>0.0271</b>	0.4079	<b>0.0014</b>	0.5572
Condimentos	17.59a	14.79	8.93b	8.61	12.70ab	9.05	<b>0.0032</b>	22.06a	22.66	12.28b	9.15	13.66ab	11.41	<b>0.0117</b>	0.8738	0.0469	0.9501
Bebidas alcohólicas	92.64a	173.66	87.69a	233.24	88.58a	180.39	0.9929	81.49a	113.48	75.19a	101.66	87.65a	120.10	0.8837	0.6434	0.2661	0.4370
Aves	124.10a	105.75	75.15b	47.11	93.35ab	68.73	<b>0.0199</b>	143.27a	86.42	118.51a	82.84	112.38a	89.30	0.9881	0.1168	<b>0.0112</b>	0.2501
Carnes rojas	69.19a	43.53	15.41b	18.47	23.22b	22.79	<b>0.0000</b>	47.86a	37.18	33.37a	22.66	33.68a	25.18	<b>0.0422</b>	0.3288	<b>0.0000</b>	<b>0.0198</b>
Carnes procesadas	28.13a	30.25	6.62b	14.09	12.15b	15.10	<b>0.0000</b>	19.69	18.74	12.55	12.58	15.96	14.59	0.1247	0.1371	<b>0.0012</b>	0.1330
Pescados y mariscos	34.07a	36.24	22.04a	29.20	22.33a	24.04	0.1320	35.64	35.02	27.31	29.79	24.70	24.84	0.2421	0.4558	0.1643	0.3997
Suplementos	2.99a	8.10	1.55a	5.90	3.68a	8.59	0.4446	5.83	12.97	5.44	14.65	5.04	14.90	0.9696	0.1205	0.0547	0.7011
Refresco	101.37a	140.92	43.95a	115.85	69.50a	101.27	0.1066	185.22	269.90	160.00	226.93	174.25	261.97	0.9054	0.2260	<b>0.0000</b>	0.0901
Jugos	37.22a	42.55	17.10a	41.87	21.62a	41.60	0.0844	45.96	80.99	33.67	44.41	31.67	49.04	0.5205	0.7226	<b>0.0128</b>	0.3304
Café y té sin leche	239.20a	327.68	113.68b	110.59	130.64ab	126.91	<b>0.0190</b>	345.84	458.44	266.40	391.42	243.60	337.10	0.4867	0.4939	0.0770	0.2951
Café y té con leche	24.53a	48.47	12.70a	33.07	19.68a	26.31	0.3617	20.42	35.56	22.70	34.62	15.80	27.62	0.6325	0.8203	<b>0.0262</b>	0.2089
Bebidas mexicanas	31.09a	35.45	16.78a	26.35	19.54a	31.29	0.0988	38.90	39.59	23.58	30.33	22.00	27.05	<b>0.0423</b>	0.5156	0.2318	0.4496
Aguas frescas	134.60a	158.46	98.80a	115.09	114.30a	132.24	0.5023	174.60	209.98	181.96	225.18	120.76	150.10	0.3228	0.5419	0.0774	0.8572
Bebidas deportistas	26.37a	56.08	17.35a	40.05	62.50ab	127.80	<b>0.0423</b>	37.24	56.01	61.35	107.57	31.35	53.80	0.1831	0.0786	<b>0.0017</b>	0.8502
Agua natural	1376.80a	901.24	1886.40b	1046.55	1629.60ab	755.78	<b>0.0468</b>	1413.39	771.42	1538.00	772.07	1425.20	632.99	0.7008	0.5767	0.2170	0.4042
Edulcorantes	0.62a	1.48	0.29a	0.73	0.26a	0.72	0.2335	0.40	1.15	0.29	1.03	0.22	0.93	0.7466	0.4118	0.4080	0.3648

\*Nota: Valor de p obtenido por medio de prueba de Friedman. Las letras indican diferencias estadísticamente significativas entre etapas por medio de prueba post-hoc de Dunn. 1= Comparaciones entre etapa en el grupo de intervención. 2 = Comparaciones entre etapas en grupo control. pe1, pe2 y pe3 = Comparaciones entre etapa 1, 2 y 3, grupos, respectivamente y empleando prueba U de Mann Whitney.

## Calidad de la dieta de los participantes

En la Tabla 28 se presentan los resultados de la calidad de la dieta del grupo control y de intervención de acuerdo con las etapas del estudio. Como es posible observar, tanto entre grupos como entre etapas del grupo de intervención, hubo un aumento estadísticamente significativo en la calidad de la dieta de los participantes ( $p = 0.0000$ ), de la semana 0 a la semana 8. Aunque para la semana 15 se observó una ligera disminución en el grupo de intervención, estadísticamente el aumento en la calidad de la dieta se mantuvo ( $p = 0.0000$ ). Entre grupos se identificó, para la semana 8, que hubo cambios estadísticamente significativos con respecto a la suficiencia de la dieta, así como respecto al elemento balanceada especialmente respecto a carbohidratos. Así mismo, el aspecto completa, especialmente respecto a frutas y verduras, leguminosas y aves tuvieron cambios estadísticamente significativos. El aspecto inocua general, inocua sodio, e inocua azúcar también se modificó estadísticamente. En total, respecto al puntaje global de la calidad de la dieta tuvo cambios estadísticamente significativos después de la intervención, tanto en la semana 8 como 15. En el caso del grupo control, contrario al grupo de intervención, en general se observación disminuciones en la calidad de la dieta ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 28. Calidad de la dieta por grupo y etapa**

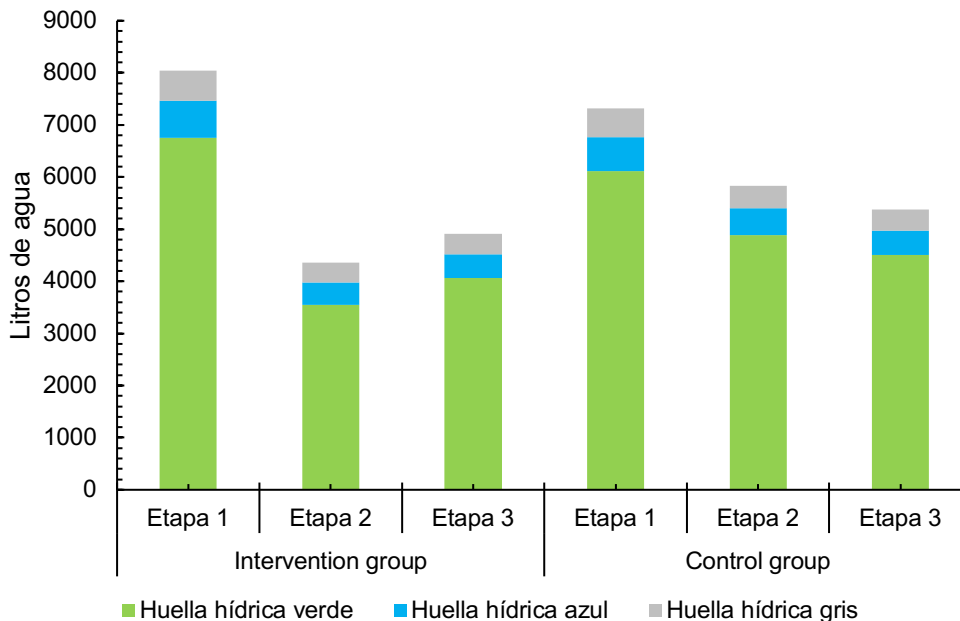
Variable	Grupo de intervención (n = 40)							p1	Grupo control (n = 40)							p2	pe1	pe2	pe3
	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3		Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3								
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio		DE	Promedio	DE	Promedio	DE						
Suficiente	11.44a	2.58	15.00b	2.96	14.19b	3.49	<b>0.0000</b>	11.91a	3.06	13.21a	3.10	12.84a	3.42	0.1779	0.6461	<b>0.0229</b>	0.0794		
Energía	3.00a	2.87	5.78b	1.98	5.98b	2.31	<b>0.0000</b>	3.10a	2.89	5.08b	2.63	5.30b	2.29	<b>0.0003</b>	0.8638	0.3391	0.1045		
Hierro	2.63a	0.66	2.44a	0.74	2.21a	0.90	0.0604	2.74a	0.58	2.48ab	0.80	2.29b	0.90	<b>0.0352</b>	0.4152	0.7060	0.6768		
Calcio	2.70a	0.70	2.55a	0.70	2.51a	0.79	0.4781	2.78a	0.54	2.59a	0.83	2.44a	0.88	0.1464	0.7294	0.5461	0.7616		
Fibra	1.99a	0.92	2.21a	0.83	1.76a	1.01	0.0984	2.03a	0.99	1.58ab	1.02	1.39a	0.98	<b>0.0156</b>	0.7888	0.0046	0.0954		
Agua	1.13a	1.47	2.03b	1.42	1.73ab	1.50	<b>0.0227</b>	1.28a	1.50	1.50a	1.52	1.43a	1.52	0.7954	0.6501	0.1141	0.3735		
Balanceada	5.76a	4.10	10.06b	5.82	7.28ab	5.47	<b>0.0012</b>	8.06a	5.83	7.81a	5.10	8.70a	5.30	0.7522	0.0629	0.1083	0.1769		
Proteína	3.94a	1.97	3.59a	1.86	3.41a	2.31	0.5101	3.68a	2.74	3.76a	2.30	3.85a	2.48	0.9527	0.6977	0.6819	0.4071		
Lípidos	0.70a	1.97	3.33b	2.96	1.84b	2.50	<b>0.0000</b>	2.36a	3.11	2.10a	2.60	2.45a	2.99	0.8550	<b>0.0052</b>	0.0591	0.4168		
Carbohidratos	1.13a	1.88	3.15b	2.54	2.03ab	2.49	<b>0.0008</b>	2.03a	2.39	1.95a	2.41	2.40a	2.47	0.6737	0.0768	<b>0.0329</b>	0.4570		
Completa	14.91a	2.59	17.05b	1.24	15.94b	2.18	<b>0.0001</b>	15.31a	2.89	14.93a	2.89	15.14a	2.89	0.8352	0.2952	<b>0.0002</b>	0.2682		
Frutas y vegetales	3.53a	0.91	3.93b	0.35	3.55ab	0.88	<b>0.0326</b>	3.73a	0.82	2.95b	1.54	2.88b	1.45	<b>0.0070</b>	0.1224	<b>0.0002</b>	<b>0.0281</b>		
Cereales	1.80a	0.37	1.53ab	0.48	1.44b	0.72	<b>0.0094</b>	1.69a	0.49	1.58a	0.62	1.58a	0.54	0.5740	0.3048	0.2970	0.6254		
Leguminosas	1.45a	0.76	1.90b	0.36	1.49a	0.84	<b>0.0061</b>	1.69a	0.74	1.35a	0.87	1.35a	0.81	0.4899	0.4611	<b>0.0004</b>	0.2195		
Carnes	2.58a	1.57	3.83b	0.68	3.78b	0.80	<b>0.0000</b>	3.13a	1.28	3.63a	0.84	3.65a	0.74	<b>0.0293</b>	0.1011	0.0842	0.0998		
Aves	0.90a	0.88	1.31a	0.81	1.04a	0.84	0.0866	0.56a	0.74	0.75a	0.82	0.94a	0.84	0.1183	0.0706	<b>0.0032</b>	0.5978		
Leches	1.81a	0.35	1.93a	0.21	1.89a	0.29	0.2151	1.78a	0.51	1.78a	0.49	1.84a	0.46	0.8025	0.8717	0.1333	0.7814		
Quesos	1.50a	0.70	1.59a	0.65	1.64a	0.69	0.6579	1.39a	0.77	1.59a	0.67	1.64a	0.58	0.2218	0.5896	0.9692	0.4289		
Pescados y Mariscos	1.35a	0.72	1.05a	0.77	1.13a	0.70	0.1675	1.51a	0.67	1.31a	0.78	1.28a	0.78	0.3159	0.2158	0.0824	0.1505		
Variada	20.00a	0.00	19.55b	1.08	19.70ab	0.91	<b>0.0470</b>	19.93a	0.47	19.80a	0.72	19.95a	0.32	0.4038	0.3173	0.2684	0.1549		
Frutas y vegetales	8.00a	0.00	8.00a	0.00	8.00a	0.00	1.0000	8.00a	0.00	7.95a	0.32	7.95a	0.32	0.6078	0.3173	0.3173	0.3173		
Cereales	6.00a	0.00	5.55b	1.08	5.70ab	0.91	0.0470	5.93a	0.47	5.85a	0.66	6.00a	0.00	0.3647	0.3173	0.1385	<b>0.0414</b>		
AOA	6.00a	0.00	6.00a	0.00	6.00a	0.00	1.0000	6.00a	0.00	6.00a	0.00	6.00a	0.00	1.0000	1.000	1.000	1.000		
Inocua	6.20a	2.02	8.35b	2.71	7.10a	2.17	<b>0.0003</b>	5.55a	2.46	6.35a	2.02	6.30a	2.38	0.2214	0.0924	<b>0.0003</b>	0.1511		
AG saturados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0000	0.05a	0.32	0.00a	0.00	0.00a	0.00	0.3710	0.3173	0.3173	0.3173		
AG poliinsaturados	1.05a	1.28	1.10a	1.10	1.25a	1.17	0.7360	1.10a	1.28	1.35a	1.39	1.15a	1.35	0.6777	0.8409	0.5087	0.5689		
Sodio	0.35a	0.77	2.15b	1.66	1.20c	1.34	<b>0.0000</b>	0.25a	0.67	0.60a	1.13	0.70a	1.24	0.1334	0.5337	<b>0.0000</b>	0.0548		
Bebidas alcohólicas	3.55a	1.24	3.60a	1.22	3.45a	1.28	0.8604	3.40a	1.22	3.65a	1.00	3.40a	1.30	0.5501	0.3118	0.8059	0.7989		
Azúcar	1.25a	1.26	1.50a	1.41	1.20a	1.56	0.5977	0.75a	1.33	0.75a	1.33	1.05a	1.43	0.5284	<b>0.0339</b>	<b>0.0080</b>	0.7144		
Puntaje total	58.31a	6.50	70.01b	8.00	64.20c	6.97	<b>0.0000</b>	60.76a	7.14	62.10a	6.34	62.93a	7.33	0.3759	0.0623	<b>0.0000</b>	0.4585		

\*Nota: DE = Desviación estándar. AG = Ácidos grasos. Valor de p obtenido por medio de prueba de Friedman. Las letras indican diferencias estadísticamente significativas entre etapas por medio de prueba post-hoc de Dunn. AOA = Alimentos de Origen Animal.

## Huella hídrica dietética de los participantes

En la Figura 17 se presenta la huella hídrica de la dieta de los grupos del estudio. La huella hídrica total basal del grupo de intervención fue de  $8,016.87 \pm 3561.23 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  y la del grupo control de  $7,295.03 \pm 2368.99 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ . Después de 7 semanas de intervención (semana 8), el grupo de intervención mostró una disminución de  $3,662.84 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  y para la semana 15 hubo una disminución final de  $3,115.24 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  respecto a la semana 0. En el grupo control se presentó una disminución de  $1,471.42 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$  en la semana 8 y una disminución final de  $1931.90 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ .

No existieron diferencias estadísticamente significativas en la línea base del estudio, entre el grupo de intervención y control ( $p = 0.7655$ ). Sin embargo, si hubo diferencias estadísticamente significativas entre grupos en la etapa 2 (semana 8) con un valor de  $p$  de  $0.0009$ . No obstante, en la semana 15 no existieron diferencias entre grupos ( $p = 0.2075$ ). Respecto a las comparaciones intragrupo, se identificaron cambios estadísticamente significativos, tanto en el grupo control ( $p = 0.0002$ ) como en el grupo de intervención ( $p = 0.0000$ ). Ambos grupos mostraron cambios significativos entre la semana 0 y 8 ( $p < 0.0001$ ), pero no entre la semana 8 y 15 ( $p > 0.05$ ).



**Figura 17. Huella hídrica dietética por grupo y etapa.** Nota: Valor de  $p$  descritos en el texto obtenidos a partir de prueba de Friedman y U de Mann Whitney.

En la Tabla 29 se muestran los resultados de la huella hídrica de la población de acuerdo con el grupo de intervención y control, y la etapa del estudio. Basalmente no existieron diferencias estadísticamente significativas, con excepción del caso de los aceites sin proteína y carnes rojas,

que resultaron ser mayores en grupo de intervención ( $p < 0.05$ ). Como es posible identificar, en el grupo de intervención se encontró una disminución en la huella hídrica de todos los grupos de alimentos, especialmente las carnes. Estadísticamente, la huella hídrica de los quesos, cereales sin grasa, azúcares con y sin grasa, comida rápida, comida mexicana, cereales con grasa, aves, carnes rojas, carnes procesadas, café y té sin leche, bebidas mexicanas, bebidas para deportistas y agua natural, disminuyeron en el grupo de intervención de la semana 0 a la semana 8 ( $p < 0.05$ ).

Entre grupos se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la huella hídrica de las verduras, frutas, aceites con proteína, leguminosas, cereales con grasa, aceites sin proteína, azúcares con y sin grasa, comida rápida, comida mexicana, condimentos, aves, carnes rojas, carnes procesadas, café y té con leche, bebidas para deportistas y edulcorantes ( $p < 0.05$ ). En el caso del grupo control no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre etapas, con excepción de la huella hídrica de las frutas ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 29. Huella hídrica dietética de la población por grupo y etapa**

Variable	Grupo de intervención (n = 40)						p1	Grupo control (n = 40)						p2	pe1	pe2	pe3
	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3			Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3					
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE		Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE				
Leche y yogurt	459.01a	388.41	346.49a	263.65	398.07a	433.56	0.3966	578.00a	543.41	460.65a	360.38	415.47a	307.35	0.2013	0.3865	0.1516	0.1748
Quesos	374.48a	365.47	246.94a	168.57	244.00a	230.17	<b>0.0488</b>	306.79a	195.45	318.37a	433.54	256.07a	163.63	0.5953	0.7003	0.7003	0.2642
Verduras	175.87a	100.29	240.11a	103.30	189.52a	125.67	<b>0.0261</b>	197.88	116.56	157.60a	92.64	151.80a	110.57	0.1157	0.4587	<b>0.0005</b>	0.0867
Frutas	457.28a	348.53	355.93a	176.03	329.44a	193.63	0.0603	495.76a	336.34	295.09a	244.75	292.63a	218.78	<b>0.0023</b>	0.4025	<b>0.0377</b>	0.3216
Aceites con proteína	105.37a	127.73	113.31a	84.39	66.23a	71.35	0.0733	73.93a	77.85	47.18a	59.85	43.88a	46.64	0.0676	0.2964	<b>0.0000</b>	0.0949
Leguminosas	274.57a	287.48	449.86b	304.88	316.18b	267.95	<b>0.0196</b>	274.32a	185.78	334.12a	688.39	209.43a	152.07	0.4183	0.4107	<b>0.0004</b>	0.0858
Cereales sin grasa	311.16a	136.23	224.25b	114.19	231.40b	157.12	<b>0.0085</b>	326.62a	198.60	256.69a	158.33	258.21a	148.44	0.1140	0.8323	0.5317	0.2942
Cereales con grasa	343.89a	336.60	91.19b	92.29	140.97b	84.37	<b>0.0000</b>	265.50a	200.70	216.53a	152.12	218.57a	138.09	0.3310	0.2987	<b>0.0000</b>	<b>0.0102</b>
Aceites sin proteína	262.61a	169.46	277.94a	252.22	229.19a	209.63	0.5802	153.45a	113.38	129.10a	123.46	125.15a	123.85	0.5244	<b>0.0010</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.0127</b>
Azúcares con y sin grasa	168.94a	125.59	64.95b	60.41	87.08b	76.69	<b>0.0000</b>	142.44a	123.28	91.96a	84.80	102.95a	104.69	0.0835	0.0941	<b>0.0386</b>	0.6932
Comida rápida	410.53a	412.34	154.85b	207.74	250.96b	242.96	<b>0.0010</b>	325.76a	239.59	342.48a	270.13	299.31a	277.45	0.7607	0.6511	<b>0.0000</b>	0.1333
Comida mexicana	1315.86a	1118.20	476.75b	422.21	658.12b	407.21	<b>0.0000</b>	1157.26a	746.72	850.94a	470.73	825.39a	586.23	0.0291	0.7218	<b>0.0000</b>	0.2328
Condimentos	90.64a	119.59	61.42a	136.77	71.87a	102.68	0.5483	107.90a	150.62	72.23a	77.79	74.93a	80.58	0.2648	0.5702	<b>0.0265</b>	0.6790
Bebidas alcohólicas	36.96a	65.68	30.52a	75.43	38.55a	66.49	0.8605	36.64a	49.40	29.52a	39.11	40.82a	59.34	0.5945	0.3881	0.1474	0.4342
Aves	712.45a	615.39	420.49b	272.62	524.28ab	386.30	<b>0.0149</b>	812.88a	503.48	674.59a	474.92	635.44a	536.16	0.2605	0.1333	<b>0.0100</b>	0.2705
Carnes rojas	1649.16a	983.55	415.50b	512.96	616.31b	619.43	<b>0.0000</b>	1153.67a	812.97	839.70a	551.06	815.17a	632.80	0.0636	<b>0.0120</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0289</b>
Carnes procesadas	281.90a	315.68	61.61b	130.13	109.66b	141.82	<b>0.0000</b>	175.93a	154.53	114.49a	101.33	138.15a	113.92	0.0911	0.1081	<b>0.0006</b>	0.0756
Pescados y mariscos	193.59a	207.03	124.90a	161.08	120.18a	133.66	0.1011	200.90a	188.42	148.82a	149.58	134.50a	124.90	0.1408	0.4134	0.1558	0.2308
Suplementos	25.47a	69.92	13.17a	51.03	30.25a	73.60	0.4883	47.40a	109.69	44.14a	124.07	41.23a	125.91	0.9739	0.1675	0.0642	0.6608
Refresco	36.34a	50.51	15.75a	41.53	24.91a	36.30	0.1066	66.39a	96.74	57.35a	81.34	62.46a	93.90	0.9054	0.2260	<b>0.0000</b>	0.0901
Jugos	43.81a	50.51	21.21a	51.80	26.38a	52.19	0.1254	52.40a	94.80	36.07a	46.50	33.96a	56.00	0.4277	0.6310	<b>0.0169</b>	0.4049
Café y té sin leche	107.27a	144.70	57.24a	59.32	57.43a	54.49	<b>0.0294</b>	146.03a	199.43	118.74a	178.41	106.43a	156.63	0.6002	0.7987	0.2511	0.3672
Café y té con leche	86.53a	170.72	44.53a	114.63	69.05a	92.48	0.3529	72.74a	127.63	80.57a	123.48	56.82a	100.76	0.6570	0.7975	<b>0.0274</b>	0.2657
Bebidas mexicanas	61.89a	58.28	22.63b	46.69	30.43b	51.23	<b>0.0025</b>	82.66a	122.25	55.03a	108.48	48.68a	72.12	0.2968	0.8135	0.2683	0.2349
Aguas frescas	21.59a	25.37	15.88a	18.55	18.40a	21.38	0.5088	28.21a	33.93	29.37a	36.39	19.48a	24.25	0.3218	0.5260	0.0690	0.7969
Bebidas deportistas	9.45	20.10a	6.22a	14.36	22.40a	45.81	<b>0.0423</b>	13.35a	20.08	21.99a	38.56	11.24a	19.28	0.1831	0.0786	<b>0.0017</b>	0.8502
Agua natural	0.33a	0.22	0.45b	0.25	0.39b	0.18	<b>0.0468</b>	0.34a	0.19	0.37a	0.19	0.34a	0.15	0.7008	0.5767	0.2170	0.4042
Edulcorantes	1.99	4.72	0.24	0.76	5.31	20.01	0.4883	5.80a	23.39	1.28a	4.18	1.89a	6.09	0.9929	0.5702	<b>0.0265</b>	0.6790

\*Nota: Valor de p obtenido por medio de prueba de Friedman. Las letras indican diferencias estadísticamente significativas entre etapas por medio de prueba post-hoc de Dunn. 1= Comparaciones entre etapa en el grupo de intervención. 2 = Comparaciones entre etapas en grupo control. pe1, pe2 y pe3 = Comparaciones entre etapa 1, 2 y 3, grupos, respectivamente y empleando prueba U de Mann Whitney.



## Huella de carbono dietética de los participantes

En la Figura 18 se muestran los resultados de la huella de carbono dietética de la población de acuerdo con el grupo de intervención o control, y la etapa del estudio. De manera basal no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos ( $p = 0.9693$ ). Sin embargo, al comparar ambos grupos en la segunda etapa del estudio (semana 8) se identificó una huella de carbono estadísticamente más baja en el grupo de intervención, con una huella de carbono de  $4.96 \pm 4.21$  Kg CO<sub>2</sub> equivalente (Kg CO<sub>2</sub> eq) (valor inicial =  $9.13 \pm 7.45$  Kg CO<sub>2</sub>) versus  $6.50 \pm 4.98$  Kg CO<sub>2</sub> eq (valor inicial =  $8.23 \pm 6.25$  Kg CO<sub>2</sub> eq) en el grupo control ( $p = 0.0003$ ). Al comprar a ambos grupos en la etapa 3 también se identificaron diferencias estadísticamente significativas con un valor promedio de  $5.48 \pm 4.70$  Kg CO<sub>2</sub> eq versus  $6.11 \pm 4.78$  Kg CO<sub>2</sub> eq ( $p = 0.0496$ ). Con respecto a las etapas del estudio, se identificó que tanto el grupo de intervención ( $p = 0.0000$ ) como control ( $p = 0.0011$ ) presentaron cambios estadísticamente significativos, especialmente respecto a la etapa 1 y 2 y etapa 1 y 3, de acuerdo con la prueba post-hoc de Dunn llevada a cabo.

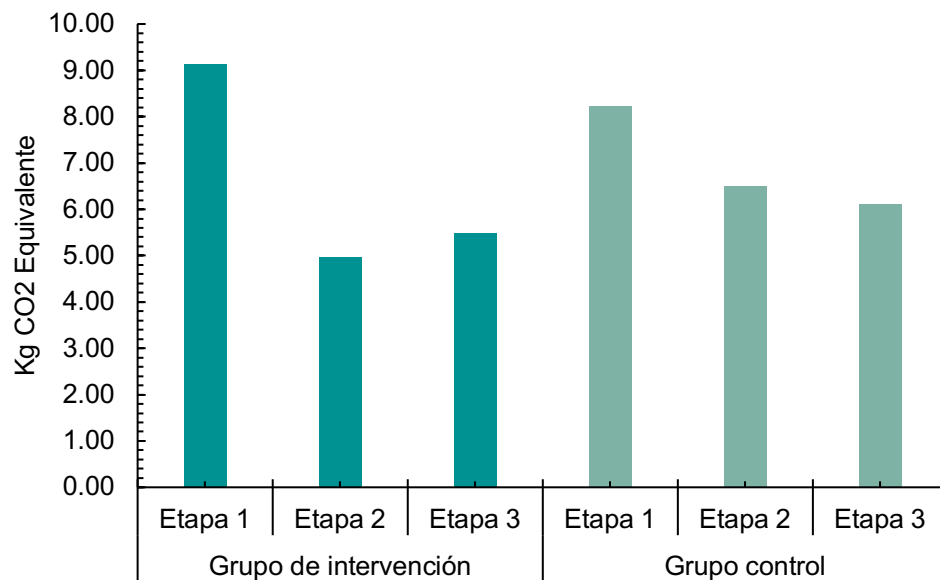


Figura 18. Huella de carbono dietética por grupo y etapa

En la Tabla 30 se presenta la huella de carbono del consumo de grupos de alimentos tanto del grupo de intervención como control. Como se puede observar, básicamente no existieron diferencias estadísticamente significativas entre grupos, con excepción de las frutas, comida mexicana, condimentos, y carnes rojas. Por otra parte, se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la huella de carbono del grupo de intervención durante las

etapas del estudio, en el caso de los aceites con proteína, leguminosas, cereales sin grasa, cereales con grasa, azúcares con y sin grasa, comida rápida, comida mexicana, condimentos, aves, carnes rojas, carnes procesadas, café y té sin leche, y bebidas deportistas ( $p < 0.05$ ). Al comparar a ambos grupos, especialmente durante la etapa 2, se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la huella de carbono de las verduras, frutas, aceites con proteína, leguminosas, cereales con grasa, aceites sin proteína, azúcares con y sin grasa, comida rápida, comida mexicana, condimentos, aves, carnes rojas, carnes procesadas, refrescos, jugos, café y té con leche, bebidas para deportistas ( $p < 0.05$ ). Estas diferencias se mantuvieron en la etapa 3 en el caso de las verduras, los cereales con grasa, aceites con proteína, carnes rojas y suplementos ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 30. Huella de carbono dietética de la población por grupo y etapa**

Variable	Grupo de intervención (n = 40)						p1	Grupo control (n = 40)						p2	pe1	pe2	pe3
	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3			Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3					
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE		Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE				
Leche y yogurt	0.45a	0.36	0.36a	0.26	0.35a	0.33	0.2944	0.52a	0.43	0.43a	0.31	0.38a	0.28	0.2127	0.4975	0.3555	0.4051
Quesos	0.01a	0.01	0.01a	0.00	0.01a	0.01	0.2310	0.01a	0.00	0.01a	0.01	0.01a	0.00	0.5587	0.9846	0.7654	0.5507
Verduras	0.52a	0.34	0.81b	0.36	0.62ab	0.42	<b>0.0030</b>	0.58a	0.29	0.48a	0.25	0.45a	0.29	0.0897	0.1516	<b>0.0000</b>	<b>0.0404</b>
Frutas	0.33a	0.23	0.31a	0.14	0.25a	0.13	0.0841	0.36a	0.22	0.19b	0.14	0.21b	0.13	<b>0.0001</b>	0.5129	<b>0.0003</b>	0.3359
Aceites con proteína	0.04ab	0.05	0.05a	0.03	0.03b	0.03	<b>0.0075</b>	0.03a	0.03	0.02a	0.02	0.02a	0.02	0.0686	0.3239	<b>0.0000</b>	<b>0.0219</b>
Leguminosas	0.12a	0.12	0.19b	0.13	0.13b	0.11	<b>0.0199</b>	0.11a	0.08	0.14a	0.28	0.09a	0.06	0.4050	0.4883	<b>0.0004</b>	0.0701
Cereales sin grasa	0.31a	0.15	0.21b	0.10	0.22b	0.11	<b>0.0005</b>	0.29a	0.16	0.25a	0.13	0.23a	0.11	0.1188	0.4824	0.2727	0.6304
Cereales con grasa	0.25a	0.21	0.06b	0.06	0.10b	0.06	<b>0.0000</b>	0.20a	0.14	0.16a	0.11	0.16a	0.11	0.3794	0.2812	<b>0.0000</b>	<b>0.0024</b>
Aceites sin proteína	0.30a	0.16	0.29a	0.21	0.24a	0.19	0.2662	0.20a	0.11	0.18a	0.14	0.18a	0.14	0.6236	<b>0.0045</b>	<b>0.0080</b>	0.1449
Azúcares con y sin grasa	0.13a	0.09	0.05b	0.05	0.07b	0.12	<b>0.0028</b>	0.13a	0.09	0.10a	0.09	0.09a	0.07	0.1392	0.9693	<b>0.0049</b>	0.1168
Comida rápida	0.58a	0.62	0.22b	0.29	0.37ab	0.34	<b>0.0023</b>	0.48a	0.26	0.49a	0.37	0.42a	0.32	0.5502	0.7218	<b>0.0000</b>	0.1572
Comida mexicana	1.48a	1.26	0.63b	0.52	0.77b	0.53	<b>0.0117</b>	1.24a	0.98	0.94ab	0.45	0.83b	0.51	<b>0.0271</b>	0.4079	<b>0.0014</b>	0.5572
Condimentos	0.01a	0.01	0.00b	0.00	0.01ab	0.00	<b>0.0032</b>	0.01a	0.01	0.01b	0.00	0.01b	0.01	<b>0.0117</b>	0.8738	<b>0.0469</b>	0.9501
Bebidas alcohólicas	0.06a	0.12	0.06a	0.16	0.06a	0.13	0.9929	0.06a	0.08	0.05a	0.07	0.06a	0.08	0.8837	0.6434	0.2661	0.4370
Aves	1.07a	0.91	0.65b	0.41	0.80ab	0.59	<b>0.0199</b>	1.23a	0.74	1.02a	0.71	0.97a	0.77	0.2413	0.1168	<b>0.0112</b>	0.2501
Carnes rojas	2.35a	1.48	0.52b	0.63	0.79b	0.77	<b>0.0000</b>	1.63a	1.26	1.13b	0.77	1.14ab	0.86	<b>0.0422</b>	<b>0.0147</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0198</b>
Carnes procesadas	0.34a	0.37	0.08b	0.17	0.15b	0.18	<b>0.0000</b>	0.24a	0.23	0.15a	0.15	0.19a	0.18	0.1247	0.1371	<b>0.0012</b>	0.1330
Pescados y mariscos	0.43a	0.46	0.28a	0.37	0.28a	0.31	0.1320	0.45a	0.44	0.35a	0.38	0.31a	0.32	0.2421	0.4558	0.1643	0.3997
Suplementos	0.00a	0.01	0.00a	0.01	0.00a	0.01	0.4446	0.01a	0.01	0.01a	0.02	0.01a	0.02	0.9696	0.1205	0.2260	<b>0.0000</b>
Refresco	0.05a	0.07	0.02a	0.06	0.03a	0.05	0.1066	0.09a	0.13	0.08a	0.11	0.09a	0.13	0.9054	0.2260	<b>0.0000</b>	0.0901
Jugos	0.05a	0.06	0.02a	0.06	0.03a	0.06	0.0844	0.06a	0.11	0.05a	0.06	0.04a	0.07	0.5205	0.7226	<b>0.0128</b>	0.3304
Café y té sin leche	0.14a	0.20	0.07b	0.07	0.08ab	0.08	<b>0.0190</b>	0.21a	0.28	0.16a	0.23	0.15a	0.20	0.4867	0.4939	0.0770	0.2951
Café y té con leche	0.05a	0.10	0.03a	0.07	0.04a	0.05	0.3617	0.04a	0.07	0.05a	0.07	0.03a	0.06	0.6325	0.8203	<b>0.0262</b>	0.2089
Bebidas mexicanas	0.02a	0.02	0.01a	0.01	0.01a	0.02	0.0988	0.02a	0.02	0.01a	0.02	0.01a	0.01	0.0423	0.5156	0.2318	0.4496
Aguas frescas	0.01a	0.02	0.01a	0.01	0.01a	0.01	0.5023	0.02a	0.02	0.02a	0.02	0.01a	0.02	0.3228	0.5419	0.0774	0.8572
Bebidas deportistas	0.01ab	0.03	0.01a	0.02	0.03b	0.06	<b>0.0423</b>	0.02a	0.03	0.03a	0.05	0.02a	0.03	0.1831	0.0786	<b>0.0017</b>	0.8502
Agua natural	0.00a	0.00	0.00a	0.00	0.00a	0.00	1.000	0.00a	0.00	0.00a	0.00	0.00a	0.00	1.000	1.000	1.000	1.000
Edulcorantes	0.00a	0.00	0.00a	0.00	0.00a	0.00	1.000	0.00a	0.02	0.00a	0.00	0.00a	0.00	1.000	1.000	1.000	1.000

\*Nota: Valor de p obtenido por medio de prueba de Friedman. Las letras indican diferencias estadísticamente significativas entre etapas por medio de prueba post-hoc de Dunn. 1= Comparaciones entre etapa en el grupo de intervención. 2 = Comparaciones entre etapas en grupo control. pe1, pe2 y pe3 = Comparaciones entre etapa 1, 2 y 3, grupos, respectivamente y empleando prueba U de Mann Whitney.

## Microbiota intestinal de los participantes

En la Figura 19 se presentan los resultados de los cambios identificados en la microbiota intestinal del grupo de intervención. Como es posible observar, existió una tendencia al mantenimiento en las abundancias relativas de todas las bacterias analizadas. Sin embargo, la abundancia relativa de los Bacteroidetes (Figura 19B) presentó un aumento estadísticamente significativo.

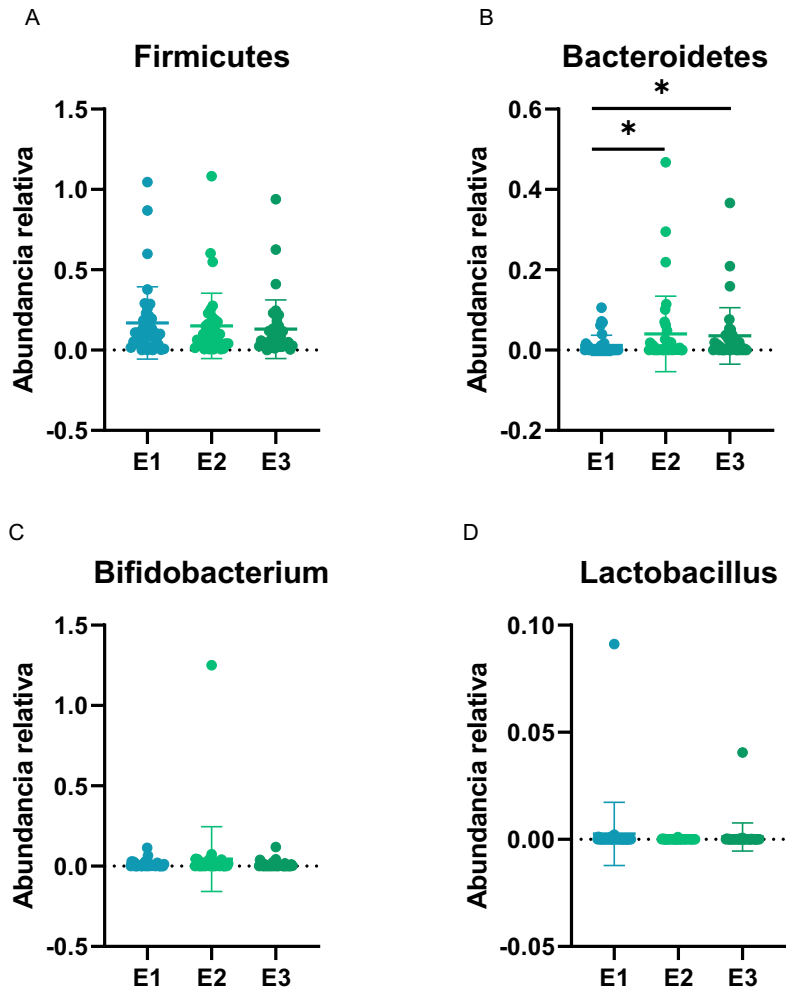


Figura 19. Cambios en la abundancia relativa de la microbiota intestinal del grupo de intervención durante las tres etapas del estudio (semana 0, 8 y 15)

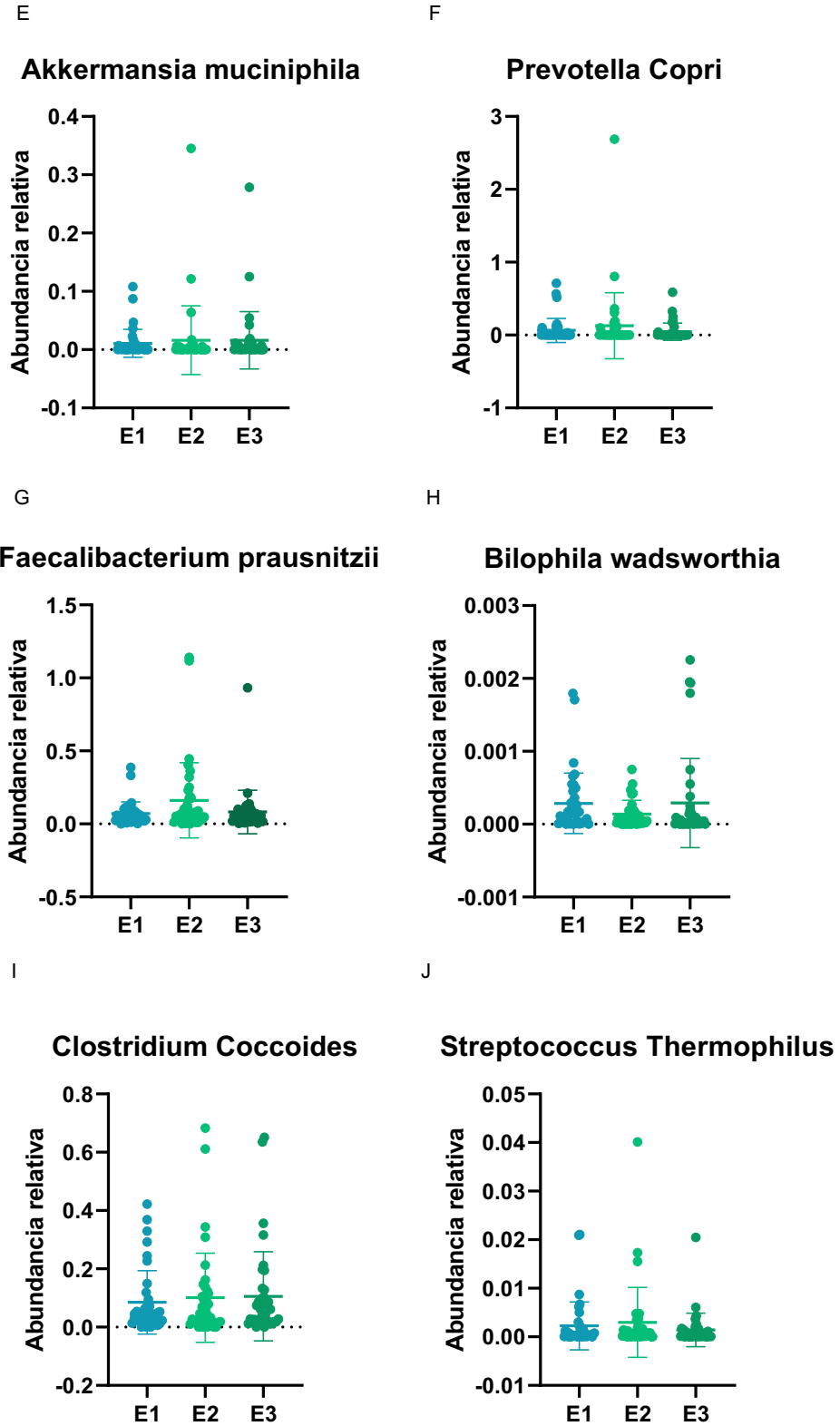


Figura 19. Cambios en la abundancia relativa de la microbiota intestinal del grupo de intervención durante las tres etapas del estudio (semana 0, 8 y 15)

En la Figura 20 se presentan los resultados de los cambios identificados en la microbiota intestinal del grupo de intervención. Como es posible observar, no se identificaron cambios estadísticamente significativos en las abundancias relativas de todas las bacterias analizadas.

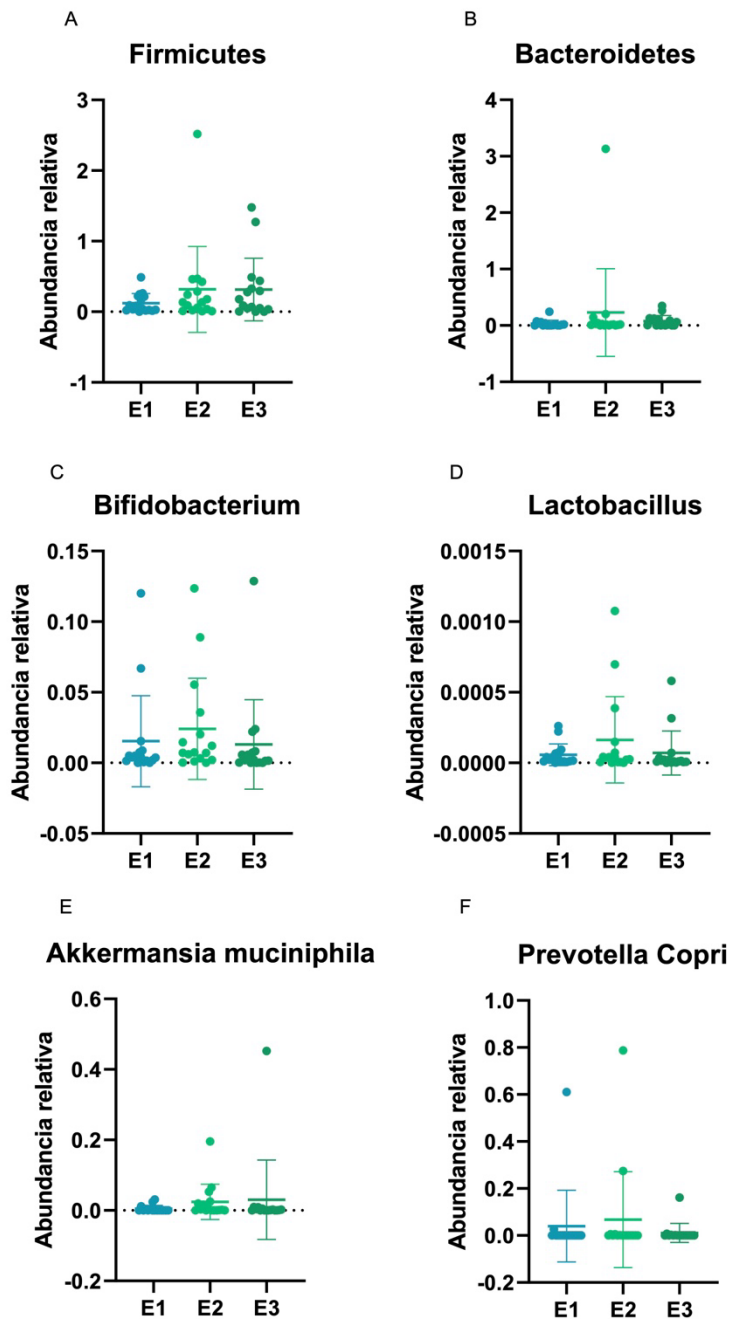
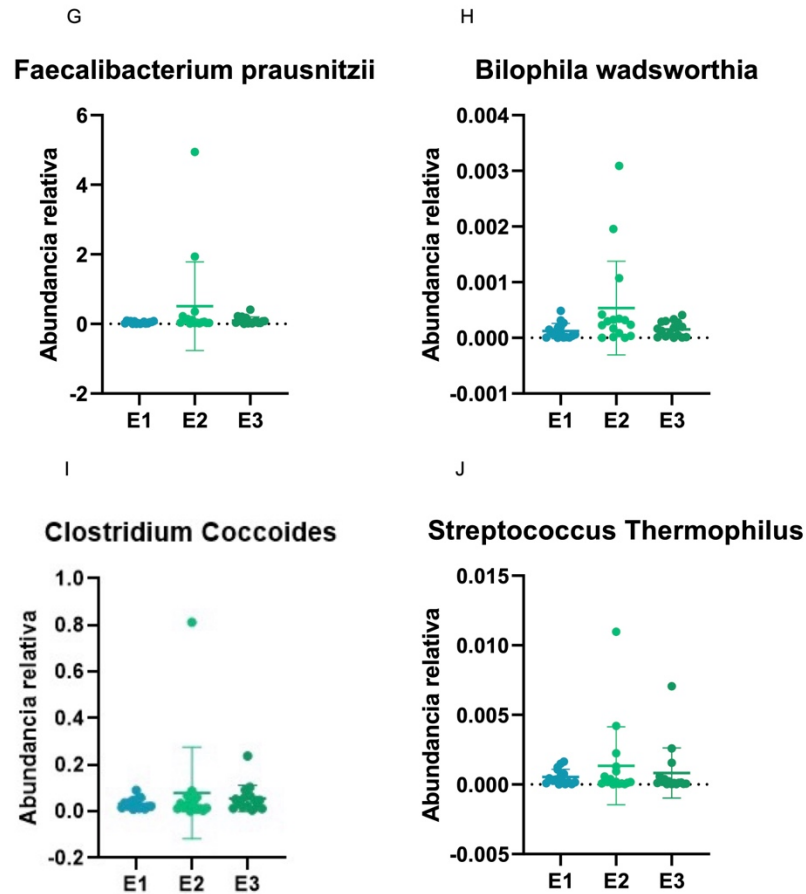


Figura 20. Cambios en la abundancia relativa de la microbiota intestinal del grupo control durante las tres etapas del estudio (semana 0, 8 y 15)



**Figura 20. Cambios en la abundancia relativa de la microbiota intestinal del grupo control durante las tres etapas del estudio (semana 0, 8 y 15)**

En la Figura 21 se presentan los resultados de los cambios identificados en la microbiota intestinal tanto del grupo de intervención como del grupo control. Como es posible identificar, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control e intervención en la abundancia relativa de *Bilophila wadsworthia* ( $p < 0.05$ ). En este caso, se encontraron niveles significativamente mayores en el grupo control, respecto al grupo de intervención. Aunque no se encontraron otras diferencias estadísticamente significativas, es importante señalar que la abundancia relativa de los Firmicutes y Lactobacillus, disminuyeron, mientras que las abundancias relativas de los Bacteroidetes, *Bifidobacterium*, *Akkermansia muciniphila*, *Prevotella copri*, *Faecalibacterium prausnitzii*, *Clostridium coccoides*, y *Streptococcus thermophilus* aumentaron.

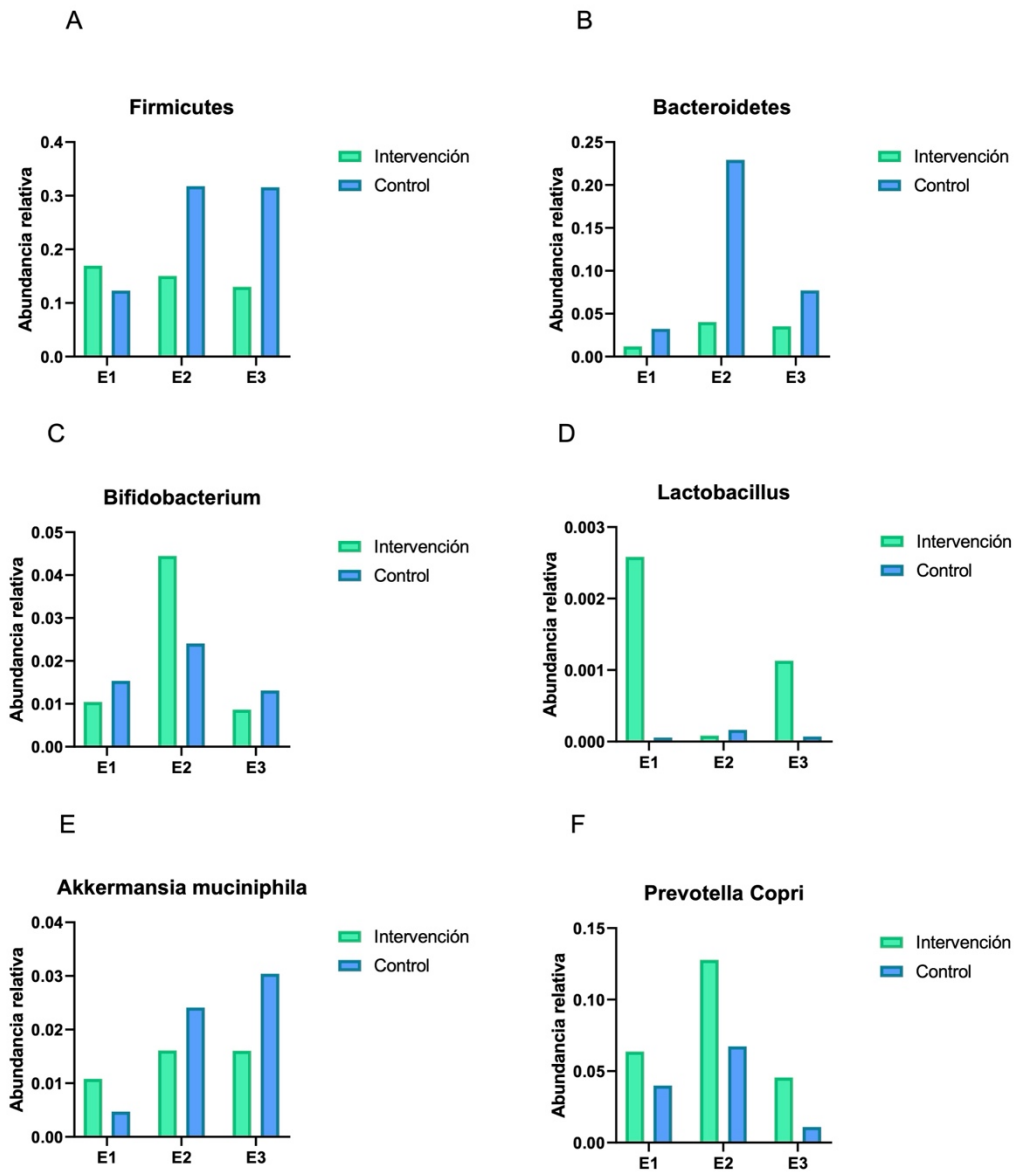


Figura 21. Cambios en la abundancia relativa de la microbiota intestinal entre grupos durante las tres etapas del estudio (semana 0, 8 y 15)



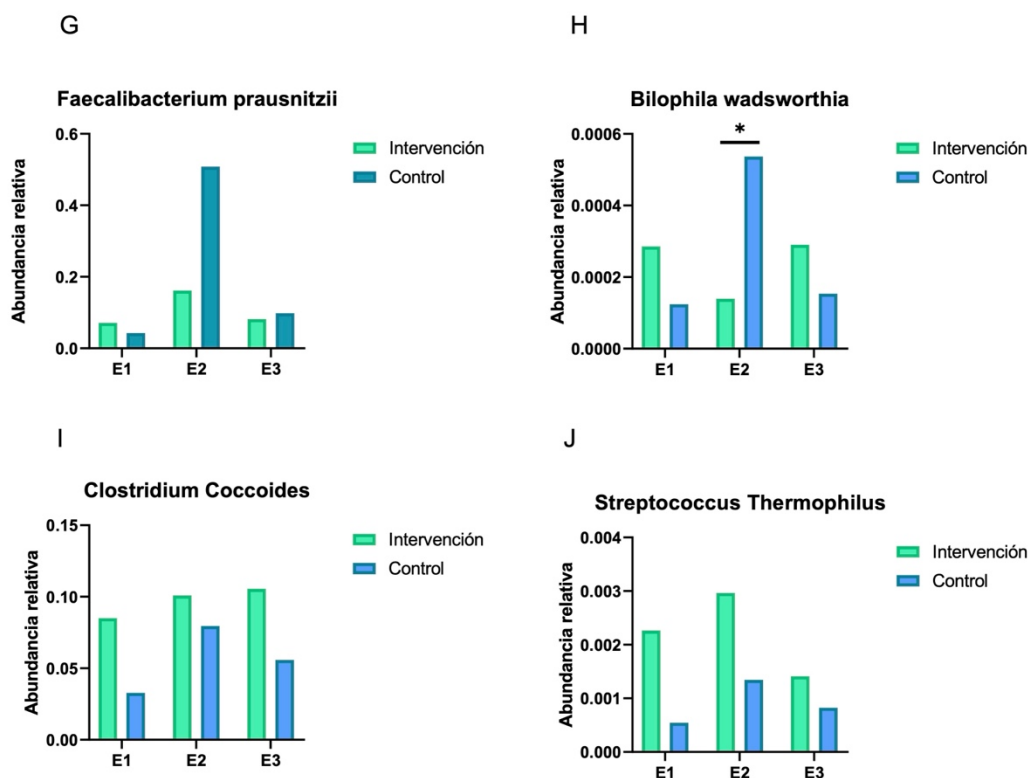


Figura 21. Cambios en la abundancia relativa de la microbiota intestinal entre grupos durante las tres etapas del estudio (semana 0, 8 y 15)

## Análisis de regresiones lineales de efectos mixtos

### Efectos de la intervención sobre la huella hídrica

En la Tabla 31 se presenta un modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2, que se consideró la dieta sostenible de la intervención y la huella hídrica total generada durante ese periodo. Como es posible observar, el modelo presentó una alta significancia estadística ( $p = 0.0000$ ). Se identificó que el consumo de alimentos de origen animal, especialmente las aves, carnes rojas y rojas procesadas, así como pescados y mariscos se relacionó con más incrementos en la huella hídrica total. Sin embargo, de estos, las carnes rojas tuvieron el mayor efecto sobre la huella hídrica, con un coeficiente de 36.07 ( $p < 0.05$ ), seguido por las carnes rojas procesadas con un coeficiente de 18.14 ( $p < 0.05$ ). Dentro de las carnes, las aves tuvieron el menor impacto con un coeficiente de 3.57 ( $p < 0.05$ ). Con respecto a los alimentos de origen vegetal, las frutas, leguminosas, y cereales

sin grasa tuvieron un bajo impacto sobre la huella hídrica total, mientras que los cereales con grasa, y los aceites sin proteína presentaron coeficientes superiores a 12 ( $p = 0.000$ ).

**Tabla 31. Modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2 (dieta sostenible) y la huella hídrica total**

	$p = 0.0000$					
	Coefficiente	Error estándar	z	Valor de $p$	[95% IC]	
Leche y yogurt	0.438	0.396	1.110	0.268	-0.338	1.214
Quesos	2.825	2.787	1.010	0.311	-2.638	8.287
Verduras	-0.023	0.278	-0.080	0.933	-0.569	0.522
Frutas	1.268	0.340	3.730	<b>0.000</b>	0.602	1.934
Aceites con proteína	2.174	3.491	0.620	0.533	-4.668	9.017
Leguminosas	1.716	0.435	3.940	<b>0.000</b>	0.863	2.569
Cereales sin grasa	1.850	0.800	2.310	<b>0.021</b>	0.282	3.419
Cereales con grasa	13.376	1.940	6.900	<b>0.000</b>	9.575	17.178
Aceites sin proteína	12.272	1.939	6.330	<b>0.000</b>	8.472	16.072
Azúcares con y sin grasa	-5.935	3.917	-1.520	0.130	-13.613	1.743
Comida rápida	6.424	2.945	2.180	<b>0.029</b>	0.651	12.197
Comida mexicana	0.946	0.561	1.690	0.092	-0.154	2.046
Condimentos	13.647	7.778	1.750	0.079	-1.597	28.892
Bebidas alcohólicas	-0.362	0.389	-0.930	0.352	-1.124	0.400
Aves	3.571	1.203	2.970	<b>0.003</b>	1.212	5.930
Carnes rojas	36.073	4.389	8.220	<b>0.000</b>	27.470	44.675
Carnes rojas industrializadas	18.149	6.219	2.920	<b>0.004</b>	5.959	30.338
Pescados y mariscos	8.736	1.941	4.500	<b>0.000</b>	4.932	12.540
Suplementos	20.722	25.889	0.800	0.423	-30.020	71.464
Refrescos	-1.210	1.431	-0.850	0.398	-4.016	1.595
Jugos	-1.244	1.271	-0.980	0.328	-3.736	1.247
Café y té sin leche	-0.467	0.566	-0.830	0.409	-1.576	0.642
Café y té con leche	4.989	2.540	1.960	0.050	0.011	9.967
Bebidas mexicanas sin alcohol ni café	-2.436	2.293	-1.060	0.288	-6.930	2.058
Aguas frescas	0.714	0.308	2.320	<b>0.020</b>	0.111	1.317
Agua natural	0.157	0.045	3.520	<b>0.000</b>	0.070	0.245
Bebidas alcohólicas mexicanas	79.981	53.054	1.510	0.132	-24.002	183.965
Edulcorantes artificiales	203.431	91.042	2.230	<b>0.025</b>	24.991	381.871
_cons	327.566	142.817	2.290	<b>0.022</b>	47.650	607.483

La significancia estadística se consideró en  $p \leq 0,05$  y está en negrita. Intervalo de confianza (IC) al 95%

## Efectos de la intervención sobre la huella de carbono

En la Tabla 32 se presenta un modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2, que se consideró la dieta sostenible de la intervención y la huella de carbono generada durante ese periodo. Como es posible observar, el modelo presentó significancia estadística en todos los grupos de alimentos, con excepción de las bebidas mexicanas sin alcohol ni café ( $p < 0.001$ ). En general, se observa una tendencia a mayor aporte a la huella de carbono por parte de los alimentos de origen animal, como las aves, carnes rojas, y carnes rojas industrializadas, así como los pescados y mariscos. Los grupos de alimentos con menor contribución fueron las verduras, frutas, leguminosas, y en general, alimentos de origen vegetal ( $p < 0.001$ ).

**Tabla 32. Modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2 (dieta sostenible) y la huella de carbono**

					<i>p</i> = <b>0.0000</b>	
	Coefficiente	Error estándar	z	Valor de <i>p</i>	[95% IC]	
Leche y yogurt	0.002	0.000	138.500	<b>0.000</b>	0.002	0.002
Quesos	0.001	0.000	4.090	<b>0.000</b>	0.000	0.001
Verduras	0.002	0.000	137.270	<b>0.000</b>	0.002	0.002
Frutas	0.001	0.000	62.610	<b>0.000</b>	0.001	0.001
Aceites con proteína	0.003	0.000	19.360	<b>0.000</b>	0.003	0.003
Leguminosas	0.001	0.000	62.490	<b>0.000</b>	0.001	0.001
Cereales sin grasa	0.001	0.000	30.210	<b>0.000</b>	0.001	0.001
Cereales con grasa	0.002	0.000	27.320	<b>0.000</b>	0.002	0.002
Aceites sin proteína	0.006	0.000	68.140	<b>0.000</b>	0.006	0.006
Azúcares con y sin grasa	0.003	0.000	15.540	<b>0.000</b>	0.002	0.003
Comida rápida	0.006	0.000	48.980	<b>0.000</b>	0.006	0.007
Comida mexicana	0.007	0.000	277.490	<b>0.000</b>	0.007	0.007
Condimentos	0.001	0.000	3.900	<b>0.000</b>	0.001	0.002
Bebidas alcohólicas	0.001	0.000	40.660	<b>0.000</b>	0.001	0.001
Aves	0.024	0.000	448.270	<b>0.000</b>	0.024	0.024
Carnes rojas	0.049	0.000	254.350	<b>0.000</b>	0.049	0.049
Carnes rojas industrializadas	0.028	0.000	103.660	<b>0.000</b>	0.028	0.029
Pescados y mariscos	0.028	0.000	325.270	<b>0.000</b>	0.028	0.028
Suplementos	0.004	0.001	3.660	<b>0.000</b>	0.002	0.006
Refrescos	0.000	0.000	4.510	<b>0.000</b>	0.000	0.000
Jugos	0.001	0.000	26.550	<b>0.000</b>	0.001	0.002
Café y té sin leche	0.001	0.000	22.600	<b>0.000</b>	0.001	0.001
Café y té con leche	0.002	0.000	21.080	<b>0.000</b>	0.002	0.003
Bebidas mexicanas sin alcohol ni café	0.000	0.000	1.600	0.110	0.000	0.000
Aguas frescas	0.000	0.000	8.190	<b>0.000</b>	0.000	0.000
Agua natural	0.000	0.000	3.360	<b>0.001</b>	0.000	0.000
Bebidas alcohólicas mexicanas	0.011	0.002	4.520	<b>0.000</b>	0.006	0.015
Edulcorantes artificiales	0.015	0.004	3.630	<b>0.000</b>	0.007	0.022
cons	-0.022	0.006	-3.440	<b>0.001</b>	-0.034	-0.009

La significancia estadística se consideró en  $p \leq 0,05$  y está en negrita. Intervalo de confianza (IC) al 95%

## Efectos de la intervención sobre biomarcadores metabólicos

En la Tabla 33 se presenta un modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2, que se consideró la dieta sostenible de la intervención y los biomarcadores metabólicos abordados en esta tesis, que fueron los niveles de colesterol total, LDL, HDL, triglicéridos y glucosa. Como puede observarse, todos los modelos presentaron significancia estadística. De manera específica, el consumo de leguminosas y aceites con proteína como nueces, semillas de calabaza, chía, etc. se relacionaron con menores niveles de colesterol LDL. Así mismo, el consumo de pescado se identificó con un efecto vinculado a la reducción de colesterol total y LDL. Las frutas, verduras y aceites con proteína se identificaron con significancia estadística para el caso de los triglicéridos. Con respecto a la glucosa, únicamente los cereales sin grasa como tortilla de maíz y avena se relacionaron con disminución en niveles de glucosa ( $p < 0.05$ ). En el apéndice electrónico 24 se presentan los modelos completos.

**Tabla 33. Modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2 (dieta sostenible) y niveles de biomarcadores metabólicos (colesterol total, LDL, HDL, triglicéridos y glucosa)**

	$p = 0.0000$		$p = 0.0000$		$p = 0.0000$		$p = 0.0000$		$p = 0.0030$	
	Colesterol total		Colesterol LDL		Colesterol HDL		Triglicéridos		Glucosa	
	Coefficiente	Valor de $p$	Coefficiente	Valor de $p$	Coefficiente	Valor de $p$	Coefficiente	Valor de $p$	Coefficiente	Valor de $p$
Leche y yogurt	0.010	0.821	0.023	0.562	-0.013	0.292	0.136	<b>0.030</b>	-0.0114	0.2870
Quesos	-0.423	0.171	-0.697	<b>0.013</b>	0.274	<b>0.002</b>	-0.011	0.980	0.0180	0.8110
Verduras	0.000	0.992	0.029	0.300	-0.029	<b>0.001</b>	-0.229	<b>0.000</b>	0.0101	0.1790
Frutas	-0.001	0.979	0.007	0.843	-0.008	0.471	0.223	<b>0.000</b>	0.0085	0.3560
Aceites con proteína	-1.158	0.003	-1.548	<b>0.000</b>	0.390	<b>0.000</b>	3.063	<b>0.000</b>	-0.0137	0.8850
Leguminosas	0.162	<b>0.001</b>	0.111	<b>0.012</b>	0.051	<b>0.000</b>	0.174	<b>0.012</b>	-0.0136	0.2450
Cereales sin grasa	-0.136	0.125	-0.138	0.087	0.002	0.935	-0.244	0.054	-0.0441	<b>0.0410</b>
Cereales con grasa	-1.054	<b>0.000</b>	-1.135	<b>0.000</b>	0.081	0.185	-1.062	<b>0.001</b>	0.0227	0.6650
Aceites sin proteína	-0.125	0.562	0.057	0.770	-0.182	<b>0.003</b>	-0.273	0.374	0.0081	0.8770
Azúcares con y sin grasa	1.344	<b>0.002</b>	1.052	<b>0.008</b>	0.292	<b>0.018</b>	-1.491	<b>0.016</b>	0.1706	0.1060
Comida rápida	0.190	0.561	0.486	0.101	-0.297	<b>0.001</b>	0.107	0.819	0.0194	0.8070
Comida mexicana	0.257	<b>0.000</b>	0.242	<b>0.000</b>	0.015	0.399	-0.021	0.811	-0.0190	0.2100
Condimentos	-0.365	0.672	0.493	0.529	-0.859	<b>0.000</b>	3.907	<b>0.002</b>	-0.0819	0.6960
Bebidas alcohólicas	-0.051	0.238	-0.090	<b>0.021</b>	0.039	<b>0.001</b>	0.001	0.991	-0.0154	0.1420
Aves	0.121	0.365	0.213	0.079	-0.092	<b>0.015</b>	-0.218	0.253	0.0557	0.0860
Carnes rojas	0.314	0.519	-0.079	0.859	0.392	<b>0.005</b>	0.688	0.323	0.0541	0.6480
Carnes rojas industrializadas	-0.696	0.312	-0.654	0.296	-0.042	0.831	2.090	<b>0.034</b>	0.0544	0.7460
Pescados y mariscos	-0.434	<b>0.044</b>	-0.391	<b>0.045</b>	-0.043	0.487	0.296	0.336	-0.0055	0.9160
Suplementos	1.425	0.619	4.136	0.113	-2.711	<b>0.001</b>	-6.539	0.111	0.2163	0.7570
Refrescos	0.039	0.808	-0.114	0.431	0.152	<b>0.001</b>	-0.163	0.472	-0.0453	0.2400
Jugos	0.128	0.364	0.090	0.481	0.038	0.349	0.343	0.089	-0.0091	0.7910
Café y té sin leche	0.065	0.301	-0.003	0.964	0.067	<b>0.000</b>	0.169	0.060	0.0092	0.5480
Café y té con leche	0.020	0.943	-0.185	0.470	0.205	<b>0.011</b>	1.031	<b>0.010</b>	0.0291	0.6710
Bebidas mexicanas sin alcohol ni café	-0.246	0.333	-0.067	0.772	-0.179	<b>0.014</b>	1.453	<b>0.000</b>	-0.0267	0.6660
Aguas frescas	-0.107	<b>0.002</b>	-0.087	<b>0.005</b>	-0.020	<b>0.036</b>	-0.042	0.385	0.0119	0.1520
Agua natural	-0.001	0.872	0.002	0.654	-0.003	<b>0.046</b>	-0.018	<b>0.010</b>	0.0001	0.9370
Bebidas alcohólicas mexicanas	-11.068	0.060	-10.155	0.057	-0.913	0.586	-26.679	<b>0.002</b>	0.0002	1.0000
Edulcorantes artificiales	21.509	<b>0.033</b>	29.050	<b>0.002</b>	-7.541	<b>0.009</b>	-67.908	<b>0.000</b>	0.5672	0.8170
cons	176.968	<b>0.000</b>	121.743	<b>0.000</b>	55.225	<b>0.000</b>	110.068	<b>0.000</b>	90.7747	0.0000

La significancia estadística se consideró en  $p \leq 0,05$  y está en negrita. Intervalo de confianza (IC) al 95%. Los modelos completos se muestran en el apéndice electrónico 24.

## Efectos de la intervención sobre la microbiota intestinal

En la Tabla 34 así como en el apéndice electrónico 25, se presentan una serie de modelos de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2 (dieta sostenible) y la microbiota intestinal. Como se puede observar, la bacteria *Faecalibacterium prausnitzii* presenta disminuciones si se ingiere mayor cantidad de leche, comida rápida, y verduras. Por otro lado, una mayor ingesta de frutas, carnes rojas y procesadas, café y té con leche aumenta la abundancia relativa de esta bacteria ( $p < 0.001$ ). Con respecto a la bacteria *Akkermansia muciniphila*, el modelo desarrollado mostró que su abundancia relativa aumenta con el consumo de aceites con proteína como nueces, comida mexicana, condimentos, pescados y mariscos ( $p < 0.001$ ).

La bacteria *Bifidobacterium* dentro del modelo realizado disminuyó con el consumo de carnes rojas y procesadas, así como con la ingesta de suplementos como proteína en polvo de suero de leche, azúcares con y sin grasa, bebidas alcohólicas mexicanas como pulque y agua miel, y condimentos. Por otro lado, su abundancia relativa tiende a aumentar con la ingesta de comida rápida, refrescos, café y té sin leche, y aguas frescas. La abundancia relativa de los Firmicutes aumentó con el consumo de cereales sin grasa, comida rápida, y disminuyó con carnes rojas. Por su parte, los Bacteroidetes aumentaron con el consumo de leche, frutas, comida rápida, refrescos, café y te con leche. Estas bacterias fueron identificadas con disminución en el modelo por el consumo de cereales con grasa, carnes rojas y procesadas, y suplementos como proteína en polvo. En el caso de *Streptococcus thermophilus*, se identificaron aumentos en el modelo por el consumo de leche, cereales con grasa, bebidas alcohólicas, refrescos, café y te con y sin leche, y aguas frescas. Por otro lado, esta bacteria disminuyó con la ingesta de carnes rojas, suplementos, y edulcorantes artificiales. La bacteria *Clostridium coccoides* disminuyó con el consumo de leche, cereales sin grasa, y condimentos, mientras que aumentó con la ingesta de comida mexicana y carne roja (apéndice electrónico 25).

**Tabla 34. Modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2 (dieta sostenible) y la microbiota intestinal de la población**

	$p = 0.0000$		$p = 0.0000$		$p = 0.0000$		$p = 0.0000$		$p = 0.0030$	
	Firmicutes		Bacteroidetes		Bifidobacterium		Lactobacillus		<i>Akkermansia muciniphila</i>	
	Coefficiente	Valor de $p$	Coefficiente	Valor de $p$	Coefficiente	Valor de $p$	Coefficiente	Valor de $p$	Coefficiente	Valor de $p$
Leche y yogurt	0.001	0.092	0.001	<b>0.001</b>	0.000	0.299	-0.001	0.859	0.000	0.306
Quesos	0.002	0.467	0.000	0.720	0.003	0.158	-0.005	0.900	0.001	0.333
Verduras	0.000	0.963	0.000	0.465	0.000	0.689	-0.005	0.217	0.000	0.102
Frutas	-0.001	0.103	0.000	<b>0.030</b>	0.000	0.935	0.010	<b>0.039</b>	0.000	0.233
Aceites con proteína	0.001	0.869	0.002	0.264	0.000	0.971	0.103	0.060	0.002	<b>0.023</b>
Leguminosas	0.000	0.502	0.000	0.534	0.000	0.840	0.006	0.343	0.000	0.255
Cereales sin grasa	0.002	<b>0.028</b>	0.000	0.232	0.001	0.264	-0.004	0.745	0.000	0.729
Cereales con grasa	-0.004	0.076	-0.003	<b>0.000</b>	-0.002	0.276	-0.030	0.263	-0.001	0.138
Aceites sin proteína	-0.002	0.347	-0.001	0.397	-0.003	0.102	-0.052	0.087	0.000	0.987
Azúcares con y sin grasa	-0.004	0.362	0.001	0.591	-0.008	<b>0.007</b>	0.009	0.872	-0.002	0.116
Comida rápida	0.008	<b>0.020</b>	0.004	<b>0.005</b>	0.008	<b>0.001</b>	-0.030	0.483	-0.001	0.093
Comida mexicana	0.000	0.529	0.000	0.757	0.000	0.414	0.007	0.420	0.001	<b>0.000</b>
Condimentos	-0.001	0.939	-0.003	0.388	-0.017	<b>0.010</b>	-0.217	0.071	0.004	<b>0.038</b>
Bebidas alcohólicas	0.001	0.194	0.000	0.547	0.001	<b>0.010</b>	-0.002	0.774	0.000	0.253
Aves	-0.001	0.698	0.000	0.561	0.001	0.337	0.002	0.896	0.000	0.980
Carnes rojas	-0.010	<b>0.043</b>	-0.005	<b>0.004</b>	-0.008	<b>0.015</b>	0.021	0.725	0.000	0.800
Carnes rojas industrializadas	-0.005	0.497	-0.006	<b>0.038</b>	-0.012	<b>0.011</b>	-0.090	0.322	-0.003	0.102
Pescados y mariscos	-0.003	0.129	-0.001	0.339	0.000	0.835	-0.023	0.387	0.001	<b>0.005</b>
Suplementos	-0.039	0.286	-0.043	<b>0.002</b>	-0.081	<b>0.001</b>	-0.182	0.691	-0.010	0.216
Refrescos	0.001	0.544	0.002	<b>0.037</b>	0.003	<b>0.018</b>	0.044	0.090	0.001	0.231
Jugos	0.000	0.992	0.001	0.384	0.002	0.060	0.014	0.449	0.000	0.431
Café y té sin leche	0.000	0.820	0.000	0.883	0.001	<b>0.019</b>	0.013	0.225	0.000	0.848
Café y té con leche	-0.003	0.350	0.003	<b>0.040</b>	-0.001	0.688	0.061	0.121	0.001	0.246
Bebidas mexicanas sin alcohol ni café	-0.003	0.285	-0.001	0.339	0.000	0.849	0.067	<b>0.033</b>	-0.001	0.096
Aguas frescas	0.001	0.145	0.000	0.198	0.001	<b>0.001</b>	-0.006	0.148	0.000	0.503
Agua natural	0.000	0.652	0.000	0.232	0.000	0.144	-0.002	<b>0.003</b>	0.000	0.112
Bebidas alcohólicas mexicanas	0.008	0.896	-0.034	0.156	-0.099	<b>0.016</b>	-1.746	<b>0.024</b>	0.005	0.694
Edulcorantes artificiales	-0.112	0.355	-0.072	0.128	-0.141	0.083	-3.360	<b>0.027</b>	-0.009	0.735
_cons	-0.033	0.832	0.063	0.301	-0.010	0.925	31.226	<b>0.000</b>	-0.011	0.751

La significancia estadística se consideró en  $p \leq 0,05$  y está en negrita. Intervalo de confianza (IC) al 95%. Los modelos completos se muestran en el apéndice electrónico 25.

**Tabla 34. Modelo de regresión lineal de efectos mixtos entre la ingesta dietética del grupo de intervención durante la etapa 2 (dieta sostenible) y la microbiota intestinal de la población**

	<i>p</i> = <b>0.0000</b>		<i>p</i> = <b>0.0000</b>		<i>p</i> = <b>0.0000</b>		<i>p</i> = <b>0.0000</b>		<i>p</i> = <b>0.0030</b>	
	<i>Prevotella copri</i>		<i>Faecalibacterium prausnitzii</i>		<i>Bilophila wadsworthia</i>		<i>Clostridium coccoides</i>		<i>Streptococcus thermophilus</i>	
	Coefficiente	Valor de <i>p</i>	Coefficiente	Valor de <i>p</i>	Coefficiente	Valor de <i>p</i>	Coefficiente	Valor de <i>p</i>	Coefficiente	Valor de <i>p</i>
Leche y yogurt	0.001	0.271	-0.001	<b>0.001</b>	0.020	<b>0.000</b>	-0.001	<b>0.008</b>	0.000	<b>0.000</b>
Quesos	0.000	0.961	0.004	0.230	-0.032	0.385	-0.001	0.629	0.000	0.299
Verduras	0.000	0.634	-0.001	<b>0.002</b>	0.006	0.136	0.000	0.088	0.000	0.064
Frutas	-0.001	0.201	0.001	<b>0.001</b>	0.013	<b>0.001</b>	0.000	0.105	0.000	0.065
Aceites con proteína	-0.002	0.837	0.003	0.502	-0.077	0.118	-0.001	0.501	0.000	0.143
Leguminosas	0.001	0.259	0.000	0.971	-0.006	0.228	0.000	0.166	0.000	0.994
Cereales sin grasa	0.002	0.278	-0.002	0.042	-0.022	<b>0.028</b>	-0.001	<b>0.002</b>	0.000	0.053
Cereales con grasa	-0.010	0.063	0.001	0.719	0.058	<b>0.015</b>	-0.001	0.386	0.000	<b>0.000</b>
Aceites sin proteína	-0.003	0.578	0.001	0.816	0.057	<b>0.035</b>	0.000	0.696	0.000	0.051
Azúcares con y sin grasa	0.014	0.231	-0.006	0.195	-0.057	0.262	-0.003	0.262	0.000	0.238
Comida rápida	0.008	0.379	-0.008	<b>0.011</b>	-0.010	0.808	-0.003	0.102	0.000	0.092
Comida mexicana	0.000	0.992	0.001	0.325	-0.008	0.311	0.001	<b>0.012</b>	0.000	0.080
Condimentos	-0.008	0.755	-0.001	0.924	0.213	<b>0.049</b>	-0.011	<b>0.018</b>	0.000	0.130
Bebidas alcohólicas	0.000	0.970	0.000	0.514	-0.008	0.163	0.000	0.228	0.000	<b>0.002</b>
Aves	-0.004	0.239	0.001	0.579	-0.019	0.203	0.001	0.045	0.000	0.112
Carnes rojas	-0.011	0.394	0.013	<b>0.005</b>	0.107	0.050	0.008	<b>0.001</b>	0.000	0.003
Carnes rojas industrializadas	-0.010	0.602	0.018	<b>0.009</b>	0.310	<b>0.000</b>	0.007	0.051	-0.001	<b>0.000</b>
Pescados y mariscos	-0.008	0.154	0.003	0.141	0.000	0.989	0.000	0.648	0.000	0.226
Suplementos	-0.011	0.905	0.041	0.243	1.030	0.012	0.011	0.555	-0.002	<b>0.002</b>
Refrescos	0.003	0.593	-0.002	0.214	-0.067	<b>0.005</b>	0.000	0.847	0.000	<b>0.000</b>
Jugos	0.000	0.941	-0.002	0.288	-0.005	0.749	-0.001	0.462	0.000	0.713
Café y té sin leche	-0.001	0.593	0.000	0.670	-0.010	0.290	0.001	0.165	0.000	<b>0.001</b>
Café y té con leche	0.000	0.958	0.007	<b>0.023</b>	-0.056	0.116	0.001	0.733	0.000	<b>0.043</b>
Bebidas mexicanas sin alcohol ni café	-0.007	0.293	0.001	0.609	0.002	0.948	0.001	0.645	0.000	0.205
Aguas frescas	-0.001	0.234	0.000	0.282	-0.002	0.697	0.000	0.441	0.000	<b>0.000</b>
Agua natural	0.000	0.980	0.000	0.742	0.000	0.934	0.000	0.945	0.000	0.661
Bebidas alcohólicas mexicanas	0.066	0.679	0.007	0.904	0.234	0.735	0.005	0.863	0.005	<b>0.000</b>
Edulcorantes artificiales	0.020	0.948	0.032	0.784	2.269	0.096	0.024	0.699	-0.005	<b>0.009</b>
_cons	0.324	0.424	0.344	0.021	22.021	<b>0.000</b>	0.376	0.000	-0.002	0.533

La significancia estadística se consideró en  $p \leq 0,05$  y está en negrita. Intervalo de confianza (IC) al 95%. Los modelos completos se muestran en el apéndice electrónico 25.

## Aspectos conductuales y de adherencia

### Elementos psicológicos, sociales y físicos de la población

En la Tabla 35 se muestran los resultados del cuestionario inicial basado en el modelo COM-B. Este fue indispensable para la prescripción de los planes alimenticios, tomando en cuenta la oportunidad, motivación y capacidad de los participantes para su incorporación en el programa. Como es posible observar, no existieron diferencias estadísticamente significativas basales entre grupos. En general, la mayoría presentó tendencias similares con respecto al tiempo del que disponen para la preparación de sus alimentos. Además, la población, en su mayoría contó con el equipo mínimo necesario para llevar a cabo las preparaciones indicadas en la intervención (p. ej., estufa, licuadora). Por otro lado, la falta de equipo como horno fue considerada para la prescripción de los planes alimenticios. La disponibilidad de alimentos también fue similar entre grupos, y fue considerada para el desarrollo de los planes alimenticios. Con respecto a los motivos de consumo de alimentos, en general se observó una moderada preocupación por el medio ambiente o elementos éticos en la producción de alimentos.



**Tabla 35. Resultados del cuestionario COM-B**

Pregunta	Grupo de intervención		Grupo control		p
	n = 40		n = 40		
Habilidades y capacidad para preparación de alimentos	n	%	n	%	
<b>¿Sabes cocinar?</b>					
Si	39	97.5	32	80	0.113
No	1	2.5	8	20	
<b>¿Con cuántos minutos cuentas al día para preparar tu desayuno?</b>					
5 minutos o menos	1	2.5	2	5	0.362
Entre 10 y 20 minutos	17	42.5	19	47.5	
Entre 20 y 30 minutos	17	42.5	9	22.5	
Entre 30 y 40 minutos	3	7.5	3	7.5	
Una hora	2	5	4	10	
Más de una hora	0	0	1	2.5	
No tengo ningún momento para preparar mi desayuno	0	0	2	5	
<b>¿Con cuántos minutos cuentas al día para preparar tu comida?</b>					
5 minutos o menos	0	0	1	2.5	0.217
Entre 10 y 20 minutos	6	15	7	17.5	
Entre 20 y 30 minutos	11	27.5	15	37.5	
Entre 30 y 40 minutos	11	27.5	4	10	
Una hora	7	17.5	5	12.5	
Más de una hora	5	12.5	5	12.5	
No tengo ningún momento para preparar mi comida	0	0	3	7.5	
<b>¿Con cuántos minutos cuentas al día para preparar tu cena?</b>					
5 minutos o menos	0	0	0	0	0.490
Entre 10 y 20 minutos	4	10	8	20	
Entre 20 y 30 minutos	11	27.5	11	27.5	
Entre 30 y 40 minutos	10	25	8	20	
Una hora	4	10	6	15	
Más de una hora	11	27.5	6	15	
No tengo ningún momento para preparar mi cena	0	0	1	2.5	
<b>¿Con cuántos minutos cuentas al día para preparar tus colaciones?</b>					
5 minutos o menos	5	12.5	11	27.5	0.061
Entre 10 y 20 minutos	25	62.5	17	42.5	
Entre 20 y 30 minutos	5	12.5	3	7.5	
Entre 30 y 40 minutos	1	2.5	0	0	
Una hora	2	5	2	5	
Más de una hora	0	0	7	17.5	
No tengo ningún momento para preparar mis colaciones	2	5	11	27.5	
<b>¿Te gusta cocinar?</b>					
Si	30	75	34	85	0.264
No	10	25	6	15	
<b>¿Tienes una cocina con estufa?</b>					
Si	40	100	39	97.5	0.314
No	0	0	1	2.5	
<b>¿Tienes una cocina con horno?</b>					
Si	24	60	23	57.50	0.820
No	16	40	17	42.50	
<b>¿Tienes una cocina con licuadora?</b>					
Si	40	100	39	97.5	0.314
No	0	0	1	2.5	

**Tabla 35. Continuación. Resultados del cuestionario COM-B**

Pregunta	Grupo de intervención		Grupo control		p
	n = 40		n = 40		
Habilidades y capacidad para preparación de alimentos	n	%	n	%	
<b>¿Tienes una cocina con refrigerador?</b>					
Si	39	97.5	40	100	0.314
No	1	2.5	0	0	
<b>¿Cuentas con recipientes para almacenar alimentos (tupers)?</b>					
Si	40	100	37	92.50	0.077
No	0	0	3	7.5	
<b>Oportunidad para consumir alimentos</b>					
<b>¿Con cuántos minutos cuentas al día para desayunar?</b>					
5 minutos o menos	0	0	2	5	0.214
Entre 10 y 20 minutos	13	32.5	13	32.5	
Entre 20 y 30 minutos	19	47.5	16	40	
Entre 30 y 40 minutos	6	15	5	12.5	
Una hora	1	2.5	0	0	
Más de una hora	0	0	4	10	
No tengo ningún momento para comer	1	2.5	0	0	
<b>¿Con cuántos minutos cuentas al día para comer?</b>					
5 minutos o menos	0	0	0	0	0.873
Entre 10 y 20 minutos	4	10	6	15	
Entre 20 y 30 minutos	16	40	14	35	
Entre 30 y 40 minutos	12	30	10	25	
Una hora	4	10	5	12.5	
Más de una hora	4	10	4	10	
No tengo ningún momento para comer	0	0	1	2.5	
<b>¿Con cuántos minutos cuentas al día para cenar?</b>					
5 minutos o menos	0	0	0	0	0.569
Entre 10 y 20 minutos	2	5	5	12.5	
Entre 20 y 30 minutos	12	30	11	27.5	
Entre 30 y 40 minutos	9	22.5	11	27.5	
Una hora	5	12.5	6	15	
Más de una hora	12	30	7	17.5	
No tengo ningún momento para cenar	0	0	0	0	
<b>¿Con cuántos minutos cuentas al día para consumir colaciones?</b>					
5 minutos o menos	7	17.5	8	20	0.113
Entre 10 y 20 minutos	16	40	22	55	
Entre 20 y 30 minutos	8	20	2	5	
Entre 30 y 40 minutos	4	10	0	0	
Una hora	0	0	1	2.5	
Más de una hora	3	7.5	3	7.5	
No tengo ningún momento para comer colaciones	2	5	4	10	
<b>¿Hay lugares de venta de alimentos frescos (frutas, verduras) cerca de tu hogar?</b>					
Si	37	92.5	34	85	0.321
No	3	7.5	4	10	
No lo sé	0	0	2	5	
<b>¿Hay lugares de venta de alimentos no perecederos cerca de tu hogar (frijol, avena, arroz, galletas, etc)?</b>					
Si	37	92.5	38	95	0.309
No	2	5	0	0	
No lo sé	1	2.5	2	5	

**Tabla 35. Continuación. Resultados del cuestionario COM-B**

Pregunta	Grupo de intervención		Grupo control		p
	n = 40		n = 40		
	n	%	n	%	
<b>Motivos de consumo sostenible de alimentos</b>					
<b>Se produce sin que los animales sufran</b>					
1	2	5	7	17.5	0.083
2	9	22.5	4	10	
3	15	37.5	13	32.5	
4	5	12.5	11	27.5	
5	9	22.5	5	12.5	
<b>Se produce de forma respetuosa con los animales</b>					
1	2	5	7	17.5	0.306
2	6	15	2	5	
3	11	27.5	11	27.5	
4	10	25	10	25	
5	11	27.5	10	25	
<b>Es un producto de corral o campo libre</b>					
1	5	12.5	7	17.5	0.833
2	4	10	4	10	
3	14	35	14	35	
4	12	30	8	20	
5	5	12.5	7	17.5	
<b>Se produce sin explotación</b>					
1	2	5	5	12.5	0.735
2	5	12.5	4	10	
3	8	20	6	15	
4	12	30	14	35	
5	13	32.5	11	27.5	
<b>Se produce sin trabajo infantil</b>					
1	1	2.5	2	5	0.667
2	4	10	1	2.5	
3	3	7.5	3	7.5	
4	8	20	7	17.5	
5	24	60	27	67.5	
<b>Se negocia de forma justa</b>					
1	1	2.5	3	7.5	0.267
2	6	15	1	2.5	
3	6	15	7	17.5	
4	7	17.5	10	25	
5	20	50	19	47.5	
<b>Se produce de forma respetuosa con el medio ambiente, sin perturbar a la naturaleza</b>					
1	1	2.5	1	2.5	0.201
2	5	12.5	1	2.5	
3	8	20	10	25	
4	7	17.5	14	35	
5	19	47.5	14	35	
<b>Se produce con mínimas emisiones de CO2</b>					
1	3	7.5	1	2.5	0.583
2	4	10	3	7.5	
3	10	25	9	22.5	
4	9	22.5	15	37.5	
5	14	35	12	30	

**Tabla 35. Continuación. Resultados del cuestionario COM-B**

Pregunta	Grupo de intervención		Grupo control		p
	n = 40		n = 40		
	n	%	n	%	
<b>Motivos de consumo sostenible de alimentos</b>					
<b>Se utiliza poca agua para su producción</b>					
1	2	5	1	2.5	0.284
2	5	12.5	2	5	
3	6	15	13	32.5	
4	12	30	8	20	
5	15	37.5	16	40	
<b>Está envasado de forma respetuosa con el medio ambiente</b>					
1	3	7.5	0	0	0.305
2	4	10	2	5	
3	6	15	10	25	
4	11	27.5	10	25	
5	16	40	18	45	
<b>Es un producto local / regional</b>					
1	2	5	3	7.5	0.145
2	5	12.5	0	0	
3	12	30	14	35	
4	11	27.5	8	20	
5	10	25	15	37.5	
<b>Es un producto de temporada</b>					
1	0	0	3	7.5	0.265
2	3	7.5	1	2.5	
3	14	35	14	35	
4	11	27.5	7	17.5	
5	12	30	15	37.5	
<b>Viene de cerca (poca distancia de transporte)</b>					
1	3	7.5	4	10	0.545
2	4	10	1	2.5	
3	13	32.5	18	45	
4	8	20	6	15	
5	12	30	11	27.5	

## Adherencia de la población intervenida a la dieta sostenible prescrita

En la Tabla 36 se presentan los motivos de consumo de alimentos referidos por la población intervenida en el presente estudio. Se muestran los datos reportados en la semana 7 y la semana 15. Como es posible observar, después del periodo de 7 semanas de intervención, el 47.5% reportó haber elegido al menos algún alimento debido a su impacto medioambiental. Sin embargo, el 60% señaló haber rechazado algún alimento por su impacto medioambiental. En cuanto a la salud como motivo de consumo, el 80% refirió haber elegido algún alimento debido a su impacto en su salud y nutrición y el 70% evito al menos algún alimento debido a sus efectos negativos sobre su salud. Con respecto a la cultura, más del 57% dijo haber elegido algún alimento por su papel en la dieta tradicional mexicana, sin embargo, solo el 15% evito consumir alimentos que estuvieran fuera de su cultura alimentaria. El precio de los alimentos fue

determinante en más del 40% de la población, y las preferencias personales influyeron en el consumo de alimentos del 47.5%.

**Tabla 36. Adherencia de la población al programa de intervención: Motivos de consumo de alimentos**

Motivo de consumo	Grupo de intervención (n = 40)				Valor de p
	Semana 7		Semana 15		
	n	%	n	%	
<b>Medio ambiente</b>					
Durante los últimos 2 meses ¿en alguna ocasión preferiste comer algún alimento en particular por su impacto medioambiental?					
Si	19	47.5	17	42.5	0.491
No	21	52.5	23	57.5	
Durante los últimos 2 meses ¿en alguna ocasión evitaste comer algún alimento en particular por su impacto medioambiental?					
Si	24	60	24	60	0.087
No	16	40	16	40	
<b>Salud y nutrición</b>					
Durante los últimos 2 meses ¿en alguna ocasión preferiste comer algún alimento en particular por su impacto sobre la salud y nutrición?					
Si	32	80	28	70	0.227
No	8	20	12	30	
Durante los últimos 2 meses ¿en alguna ocasión evitaste comer algún alimento en particular por su impacto sobre la salud y nutrición?					
Si	28	70	30	75	1.000
No	12	30	10	25	
<b>Cultura</b>					
Durante los últimos 2 meses ¿en alguna ocasión preferiste comer algún alimento en particular por su papel en la cultura alimentaria de México?					
Si	23	57.5	22	55	0.676
No	17	42.5	18	45	
Durante los últimos 2 meses ¿en alguna ocasión evitaste comer algún alimento en particular por su papel en la cultura alimentaria de México?					
Si	6	15	8	20	0.376
No	34	85	32	80	
<b>Economía</b>					
Durante los últimos 2 meses ¿en alguna ocasión preferiste comer algún alimento en particular por su precio? (por ejemplo, si estaba muy barato)					
Si	18	45	18	45	0.482
No	22	55	22	55	
Durante los últimos 2 meses ¿en alguna ocasión evitaste comer algún alimento en particular por su precio? (por ejemplo, si está caro)					
Si	17	42.5	14	35	0.191
No	23	57.5	26	65	
<b>Preferencias personales</b>					
Durante los últimos 2 meses ¿hubo algún alimento que no te haya gustado y por ello no lo consumiste?					
Si	19	47.5	15	37.5	0.567
No	21	52.5	25	62.5	

La adherencia de la población al programa de intervención fue medida con dos instrumentos. Un cuestionario de adherencia auto percibida, y un cuestionario que contrasta las ingestas dietéticas y actividad física realizadas y recomendadas. En la Tabla 37 se presentan los resultados de la adherencia auto percibida de los participantes. Como es posible observar, el 90% de la población refirió seguir el plan alimenticio que se le proporcionó en un 3 o 4 dentro de una escala de Likert del 1 al 5. Sin embargo, para la semana 15, aunque a los participantes se les brindó la indicación de que podían seguir o no el plan alimenticio, el 22.5% señaló haberlo seguido de manera más estricta en contraste con la semana 7. Respecto a los niveles de saciedad, tanto en la semana 7 como 15, más del 80% reportó sentirse saciado con el plan alimenticio. En cuanto a la satisfacción de la población con el plan alimenticio, el 100% reportó altos niveles. Los niveles de auto percibidos también estuvieron por encima de la mediana en la semana 7 y 15. Finalmente, el 37.5% de la población dijo haber experimentado ansiedad por comer alimentos fuera de los señalados en el plan alimenticio, en la semana 7, y el 42.5% en la semana 15. Sin embargo, más del 60% refirió niveles de ansiedad bajos en ambas etapas.

**Tabla 37. Adherencia auto-percibida al programa de intervención**

Pregunta	Grupo de intervención (n = 40)				Valor de p
	Semana 7		Semana 15		
	n	%	n	%	
Del 1 al 5, ¿qué tanto dirías que seguiste el plan alimenticio que se te brindó?					
1	1	2.5	0	0	0.194
2	3	7.5	2	5	
3	27	67.5	12	30	
4	9	22.5	17	42.5	
5	0	0	9	22.5	
Del 1 al 5, ¿qué tan saciado/a/e te sentiste durante estas últimas 7 semanas?					
1	1	2.5	0	0	0.401
2	2	5	0	0	
3	7	17.5	8	20	
4	17	42.5	15	37.5	
5	13	32.5	17	42.5	
Del 1 al 5, ¿qué tanto dirías que te gustó el plan alimenticio?					
1	0	0	0	0	0.569
2	0	0	0	0	
3	2	5	15	37.5	
4	17	42.5	14	35	
5	21	52.5	11	27.5	
Del 1 al 5, ¿cómo te sentiste durante estas últimas 7 semanas, respecto a tus niveles de energía?					
1	1	2.5	0	0	0.800
2	1	2.5	0	0	
3	7	17.5	15	37.5	
4	19	47.5	14	35	
5	12	30	11	27.5	
Del 1 al 5 ¿durante las últimas 7 semanas experimentaste ansiedad por comer algún alimento en particular?					
1	18	45	16	40	0.706
2	7	17.5	7	17.5	
3	7	17.5	10	25	
4	6	15	4	10	
5	2	5	3	7.5	

En la Tabla 38 se presenta el índice de adherencia a una dieta sostenible diseñado para México por Campirano et al. (2023). Como es posible observar, el nivel de adherencia aumentó posterior a la intervención, y aunque los niveles disminuyeron en la semana 15, no retornaron a los niveles basales.



**Tabla 38. Índice de adherencia a una dieta sostenible**

Grupo de alimento	Índice de adherencia a una dieta sostenible: Grupo de intervención					
	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3	
	Promedio (g)	Puntaje (NA)	Promedio (g)	Puntaje (NA)	Promedio (g)	Puntaje (NA)
Cereales altos en fibra	200.60	10	153.41	10	162.08	10
Tubérculos	37.88	5	21.14	5	23.80	5
Vegetales	338.33	10	537.17	10	446.00	10
Frutas	403.99	5	400.64	5	313.15	5
Lácteos	236.01	5	176.78	5	220.55	5
Carne roja	68.50	0	42.08	5	60.27	0
Pollo	106.60	0	110.17	0	118.82	0
Huevos	42.12	5	58.94	5	54.67	5
Pescado	31.39	10	30.85	10	30.88	10
Leguminosas	100.96	5	159.82	10	105.60	10
Nueces	15.47	0	22.84	5	8.90	0
Grasas insaturadas	48.75	10	54.37	10	42.54	10
Grasas saturadas	5.22	10	3.48	10	6.18	10
Azúcares añadidos	44.01	0	25.80	10	43.62	0
Total		75		100		80

Nota: NA = Nivel de adherencia. B = Bajo; M = Medio; A = Alto.

## Motivos de consumo de alimentos de la población

En la Tabla 39 se presentan los motivos de consumo relacionados con la sostenibilidad, en la semana 0 y 15 de la intervención. Como es posible identificar, en todos los indicadores de consumo por motivos de sostenibilidad incrementaron al final de la intervención. Sin embargo, estadísticamente solo se encontró un aumento en la preocupación de la población por el consumo de alimentos que se producen de forma respetuosa con los animales, y aquellos alimentos que fueron envasados de manera sostenible con el medioambiente.

**Tabla 39. Motivos de consumo sostenible**

Pregunta	Grupo de intervención				p
	Semana 0		Semana 15		
	n = 40	n = 40	n = 40	n = 40	
	n	%	n	%	
<b>Motivos de consumo sostenible de alimentos</b>					
<b>Se produce sin que los animales sufran</b>					
1	2	5	2	5	0.386
2	9	22.5	2	5	
3	15	37.5	10	25	
4	5	12.5	7	17.5	
5	9	22.5	19	47.5	
<b>Se produce de forma respetuosa con los animales</b>					
1	2	5	1	2.5	0.003
2	6	15	0	0	
3	11	27.5	5	12.5	
4	10	25	13	32.5	
5	11	27.5	21	52.5	
<b>Es un producto de corral o campo libre</b>					
1	5	12.5	2	5	0.307
2	4	10	1	2.5	
3	14	35	10	25	
4	12	30	11	27.5	
5	5	12.5	16	40	
<b>Se produce sin explotación</b>					
1	2	5	1	2.5	0.549
2	5	12.5	1	2.5	
3	8	20	5	12.5	
4	12	30	6	15	
5	13	32.5	27	67.5	
<b>Se produce sin trabajo infantil</b>					
1	1	2.5	1	2.5	0.951
2	4	10	0	0	
3	3	7.5	2	5	
4	8	20	5	12.5	
5	24	60	32	80	
<b>Se negocia de forma justa</b>					
1	1	2.5	0	0	0.951
2	6	15	2	5	
3	6	15	2	5	
4	7	17.5	7	17.5	
5	20	50	29	72.5	
<b>Se produce de forma respetuosa con el medio ambiente, sin perturbar a la naturaleza</b>					
1	1	2.5	0	0	0.845
2	5	12.5	0	0	
3	8	20	4	10	
4	7	17.5	9	22.5	
5	19	47.5	27	67.5	
<b>Se produce con mínimas emisiones de CO2</b>					
1	3	7.5	0	0	0.849
2	4	10	1	2.5	
3	10	25	6	15	
4	9	22.5	19	47.5	
5	14	35	14	35	

**Tabla 39. Continuación: Motivos de consumo sostenible**

Pregunta	Grupo de intervención				p
	Semana 0		Semana 15		
	n = 40		n = 40		
	n	%	n	%	
<b>Motivos de consumo sostenible de alimentos</b>					
<b>Se utiliza poca agua para su producción</b>					
1	2	5	0	0	0.661
2	5	12.5	0	0	
3	6	15	8	20	
4	12	30	13	32.5	
5	15	37.5	19	47.5	
<b>Está envasado de forma respetuosa con el medio ambiente</b>					
1	3	7.5	0	0	0.011
2	4	10	0	0	
3	6	15	8	20	
4	11	27.5	10	25	
5	16	40	22	55	
<b>Es un producto local / regional</b>					
1	2	5	0	0	0.207
2	5	12.5	0	0	
3	12	30	10	25	
4	11	27.5	10	25	
5	10	25	20	50	
<b>Es un producto de temporada</b>					
1	0	0	0	0	0.956
2	3	7.5	1	2.5	
3	14	35	10	25	
4	11	27.5	10	25	
5	12	30	19	47.5	
<b>Viene de cerca (poca distancia de transporte)</b>					
1	3	7.5	0	0	0.615
2	4	10	1	2.5	
3	13	32.5	9	22.5	
4	8	20	14	35	
5	12	30	16	40	

## Conocimientos nutricionales sostenibles de la población

La Tabla 40 muestra los resultados de los puntajes obtenidos en el cuestionario de evaluación de conocimientos nutricionales sostenibles. Basalmente, no existieron diferencias entre grupos, sin embargo, a partir de la semana 7, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos. Así mismo, como es posible identificar, en el grupo de intervención, hubo un aumento estadísticamente significativo entre los conocimientos basales y al final de la intervención.

**Tabla 40. Conocimientos nutricionales sostenibles**

Etapa	Grupo de intervención (n = 40)			Grupo control (n = 40)			Comparaciones entre grupos y etapas
	Promedio	DE	Valor de p	Promedio	DE	Valor de p	Valor de p
1	91.2a	22.19	0.0001	91.17a	18.31	0.5653	0.9956
2	107.07b	15.69		94.30a	17.08		0.0008
3	107.22b	15.53		95.20a	17.51		0.0017

Nota: El uso de la misma letra, significa que no hay diferencias estadísticamente significativas entre etapas por prueba post-hoc de Dunn.

Al finalizar la primera etapa de la intervención, se les pidió a los participantes que expresaran su experiencia al haber formado parte de la intervención. Algunos de los comentarios se presentan en el apéndice electrónico 26. Como puede observarse, la mayoría de los participantes reportaron que haber formado parte del estudio fue una experiencia grata, que mejoró diversos aspectos de su salud. Algunas sugerencias, como mejoras en la aplicación móvil también fueron referidas. Los espacios en blanco dentro de la tabla indican que los participantes no respondieron a ese apartado.

# DISCUSIÓN

## Discusión general

Hoy en día se sabe que la alimentación de las personas, además de afectar directamente a su salud, ejerce un impacto sumamente importante sobre el medio ambiente. Al comprender esto, resulta interesante que las peores crisis nutricionales y medioambientales de la historia, coexistan en un planeta que continúa generando evidencia científica al respecto, pero más aún, que continúa generando propuestas para combatir las problemáticas (FAO, 2012; Wilett et al., 2019). No obstante, entre más iniciativas se generan para combatir estos problemas, el panorama solo parece empeorar. Esto ha generado que el estudio del comportamiento humano cobre relevancia, pues, hoy más que nunca, es claro que las conductas humanas además de ser los motores de los países, también pueden llevarlos a la destrucción (Steg, 2023). Comprender el comportamiento humano es sumamente complejo, pues cada una de las conductas que lo integran, se acompañan de un proceso de aprendizaje y asociaciones que fueron establecidas a lo largo de la vida de cada persona. Además, cada conducta puede estar socialmente reforzada o castigada, por lo que el intentar modificar una sola conducta, puede resultar en todo un reto (De Castro, 2000; McConnell, 1974).

La alimentación es uno de los procesos humanos que mayor cantidad de conductas incluye, y las cuales además fueron arraigadas, generalmente, desde su nacimiento, e incluso antes, durante la gestación (De Castro, 2000). Entonces, comprendiendo la complejidad de tal proceso, el reto que representa modificar la alimentación de una población es enorme (Michie et al., 2011). Sin embargo, el cambio de comportamiento alimentario no es imposible, siempre y cuando se implementen las técnicas de modificación adecuadas, y se consideren los elementos necesarios para lograr tal cambio (Martínez Moreno et al., 2015, 2016; Michie et al., 2014). No obstante, orientar la alimentación hacia una dieta sostenible, que además de promover la salud humana, disminuya el impacto hacia el medio ambiente, y, además, considere los elementos sociales, económicos y culturales de una población, es un reto muy importante, pero que, a estas alturas de la crisis medioambiental y nutricional, no es opcional si se busca preservar la especie humana (Clonan & Holdsworth, 2012; Fink et al., 2021).

La presente tesis tuvo el objetivo de diseñar un programa de intervención psico-nutricional-sostenible y evaluar su efecto sobre la huella hídrica y de carbono, biomarcadores metabólicos y microbiota intestinal en población mexicana. De esta manera, además de generar una propuesta de solución a la problemática, se puso a prueba su efectividad y la capacidad de la población para adherirse a ella. Con ello, se lograron esclarecer los efectos que una alimentación sostenible puede tener sobre indicadores de salud y medio ambiente. Al final de esta tesis, se lograron integrar tres apartados de resultados, que correspondieron a una evaluación y diagnóstico de la población mexicana para lograr identificar las principales problemáticas que aquejan al país, y a zonas específicas como el Sur de Jalisco. Posteriormente, se integró el desarrollo del programa de intervención, así como su proceso de implementación, y los efectos obtenidos sobre métricas medioambientales como la huella hídrica y de carbono, y sobre biomarcadores metabólicos como niveles de glucosa, colesterol total, HDL, LDL, y triglicéridos. Además, se analizaron los efectos que una dieta sostenible tiene sobre uno de los indicadores de salud más novedosos actualmente: la

microbiota intestinal. Adicionalmente, se integraron una serie de indicadores clínicos como la presión arterial, los signos y síntomas de deficiencias de nutrientes como la acantosis nigricans, así como datos de composición corporal, como peso corporal, porcentaje de grasa corporal y masa muscular, entre otros. Además, se consideraron elementos relacionados con la motivación del consumo de alimentos, e incluso el consumo de alimentos como tal fue evaluado, así como los niveles de conocimientos sobre nutrición sostenible de la población.

## Situación nutricional y medioambiental actual en México

Aunque cada día resulta más evidente la crisis nutricional y medioambiental por la cual atraviesa el mundo y en particular países como México, la evidencia científica con la que se cuenta no ha mostrado las necesidades específicas de regiones particulares para lograr un abordaje con un alto nivel de precisión. Dentro de esta tesis se logró generar dos estudios de evaluación y diagnóstico que mostraron el panorama actual de la alimentación del estado de Jalisco en México, y, además, se establecieron los principales elementos a abordar. Dentro del estudio 1 se logró encontrar un alto impacto de la alimentación de la población con sobrepeso y obesidad sobre el medio ambiente, en particular sobre el agua y el calentamiento global. Con base en los análisis de riesgo generados fue posible identificar que el exceso de grasa visceral en la población se relacionan un riesgo 4.77 veces más alto de superar los rangos de una huella hídrica considerada como saludable a nivel mundial (Vanham, 2013a, 2013b, 2016a, 2016b). Algunos estudios alrededor del mundo han comenzado a estudiar este fenómeno, como por ejemplo Abbade (2015), quien señala que seguir una dieta saludable puede ayudar a promover la salud pública al disminuir los niveles de adiposidad y atenuar el impacto en el medio ambiente.

De acuerdo con los resultados de la presente tesis, la población con exceso de adiposidad genera una huella hídrica significativamente mayor que la población con adiposidad adecuada ( $p < 0.05$ ), lo que representa gastos diarios adicionales de  $726.86 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ . Esta diferencia se debe al mayor consumo de alimentos y calorías, y especialmente al consumo de alimentos de origen animal como el queso y la carne de res, lo que coincide con Serafini y Toti (2016). Sin embargo, es importante señalar que incluso las diferencias no significativas en algunos alimentos como la carne de res generaron diferencias de más de  $230 \text{ L p}^{-1}\text{d}^{-1}$ , solo en este grupo de alimentos.

Aunque el problema medio ambiental encontrado en este estudio es prioritario, no puede dejarse de lado que el estado nutricional actual de la población también resultó alarmante. Aunque desde una perspectiva medioambiental el consumo de refrescos solo representó el 1.08% de la huella hídrica total, es importante señalar que el consumo de este tipo de bebidas se ha señalado como un importante problema de salud pública en México. Este ha sido señalado incluso como una de las principales problemáticas a abordar dentro de intervenciones nutricionales (Rodríguez-Ramírez et al., 2015). E incluso se ha señalado que un abordaje que conduzca a la reducción del consumo de bebidas azucaradas podría disminuir de manera importante los problemas de obesidad actuales del país (ENSANUT, 2018).

Además de considerar que el consumo excesivo de alimentos inadecuados causa un riesgo incrementado para el gasto de agua y el desarrollo de obesidad, se debe tener en cuenta que el consumo de alimentos saludables, por debajo de las cantidades recomendadas, también resulta en una falta de cumplimiento de los factores protectores identificados en este estudio por medio de las regresiones logísticas binarias reportando odds ratios llevadas a cabo. Esto es especialmente relevante para el caso del pescado, frutas y verduras y cereales sin grasa (Macedo-Ojeda et al., 2016; Rivera Dommarco et al., 2015a; Rivera et al., 2008; Secretaría de Salud, 2016). Estos hallazgos sugieren que comer de manera saludable es un medio para ahorrar agua. Sin embargo, en estos casos, se identificó un resultado paradójico, ya que las frutas fueron el grupo de alimentos más consumido tanto en la población general como en el grupo con adiposidad elevada. Además, en el caso de los cereales sin grasa y pescado y mariscos, se superaron las raciones mínimas de consumo en ambos grupos de adiposidad y en la población general. Esto puede ser una advertencia sobre la forma de comunicar las recomendaciones dietéticas, ya que la población sin suficiente educación nutricional y criterio es probable que supere el consumo de alimentos que, aunque se consideran saludables, pueden llevar al sobrepeso y la obesidad si se exceden los requerimientos energéticos de cada individuo (OMS, 2003). Por lo tanto, las cantidades de consumo, así como la ingesta calórica, son hallazgos importantes en este estudio y determinantes en el diseño de la intervención. Esto demostró que no solo importan los tipos de alimentos, y comer bien, sino que siempre en cantidades adecuadas, puede prevenir el desarrollo futuro de la obesidad y, especialmente, la sobreexplotación de los recursos hídricos (Serafini & Toti, 2016).

Además de identificar al sobrepeso y obesidad y la falta de adherencia al consumo de tipos de alimentos recomendados en cantidades adecuadas, el segundo estudio llevado a cabo en esta tesis permitió identificar los patrones dietéticos actuales que la población mexicana, y en particular de Jalisco, está consumiendo. El ACP llevado a cabo mostró datos de suma importancia para el desarrollo de intervenciones posteriores como la diseñada en esta tesis. En primer lugar, con base en este análisis se identificó que, aunque el proceso de transición nutricional está presente en el país, no toda la población está consumiendo una dieta occidentalizada. Esto debido a que un alto porcentaje de la población aún consume de manera habitual una dieta tradicional mexicana (Ortiz-Hernández et al., 2006).

A pesar de lo anterior, el estudio 2 permitió analizar en profundidad el proceso de transición nutricional por el cual atraviesa México, y Jalisco. Con esto, se lograron identificar los alimentos que más han sido desplazados dentro de la dieta tradicional mexicana, y como esto ha derivado en mayor impacto medioambiental. Entre estos, se encontraron grupos de alimentos como verduras, frutas, cereales integrales, leguminosas y grasas saludables, como aceites de oliva y aguacate. Además, consumos excesivos relacionados con carnes, especialmente rojas, fueron identificados. Adicionalmente, se encontraron altos consumos de azúcares, cereales con grasa, refrescos, y en general bebidas azucaradas, que están vinculadas con el problema de transición nutricional actual del país y Jalisco, pero que además se asoció con altos impactos medioambientales (Belahsen, 2014).



Además de esto, uno de los hallazgos más interesantes de este estudio fue encontrar que, aunque el consumo de carnes y proteína animal generalmente se relaciona con el desarrollo de sobrepeso y obesidad, actualmente existe un nuevo grupo poblacional con una tendencia hacia el consumo de proteína animal, acompañado de realización de ejercicio físico orientado a la ganancia de la masa muscular (Polikandrioti & Tsami, 2007). Esto generó nueva evidencia básica para el desarrollo de la intervención de esta tesis. Es importante señalar que, además, con base en los estudios realizados, se encontró la necesidad de abordar de manera temprana a los adultos jóvenes de Jalisco. Aunque la población en general presenta patrones alimenticios inadecuados, de acuerdo con los resultados tanto del estudio 1 como del estudio 2, los adultos jóvenes, que comprenden las edades de entre 18 y 35 años corresponden a adultos en una etapa ideal para la modificación conductual respecto a su alimentación, pero, además, resultaron ser uno de los grupos etarios con mayor impacto medioambiental, vinculado a una alimentación inadecuada (Petry, 2002; Pieniak et al., 2016; Swinburn et al., 2004).

## **Modificación conductual hacia dietas sostenibles**

Uno de los elementos centrales de esta tesis fue el diseño de una intervención que lograra abordar las principales problemáticas identificadas en México y en especial, en Jalisco. Con base en la evidencia actual y en los estudios de evaluación y diagnóstico desarrollados en esta tesis, la posible solución, con mayor reconocimiento a nivel mundial y que aborda la mayoría de las problemáticas identificadas, de manera conjunta, son las dietas sostenibles (FAO/OMS, 2019). Diseñar una dieta que resulte sostenible para toda una población, es un proceso muy complejo, por no señalarlo como imposible. Lo anterior debido a que, para que una dieta se considere efectivamente sostenible, debe considerar en todo momento los elementos culturales, sociales, económicos y medioambientales de una población, mientras se consideran sus características biológicas, para promover una salud y nutrición adecuada. Sin embargo, cada persona cuenta con un bagaje individual que complejiza este proceso aún más (Clonan & Holdsworth, 2012; De Castro, 2000). Además, dentro de esto, se incorporan preferencias individuales que son fundamentales a la hora de consumir alimentos (Lehikoinen & Salonen, 2019). Por ello, el primer paso para comenzar con la promoción de una dieta sostenible en una población particular, es la identificación de modelos de dietas de este tipo, los cuales se describen a continuación.

## **Modelos de dietas sostenibles**

El concepto de dieta sostenible aportado por la FAO y la OMS (2019), es ahora mismo una de las aproximaciones con mayor aceptación en la comunidad científica para promover patrones dietéticos con bajo impacto medioambiental, que además sean saludables y nutritivos, tengan bajo costo y sean culturalmente adecuados. Además de este, modelos de dieta como la dieta para salud planetaria de la comisión EAT-Lancet (Willett et al., 2019), así como el modelo de dieta de la milpa para México (Almaguer et al., 2019, 2020), postulan las características que un patrón alimentario como este debería tener.

A pesar de que estos modelos establecen pautas claras y adecuadamente sustentadas para el diseño de dietas sostenibles para poblaciones específicas, cuando se trasladan los elementos teóricos hacia la aplicación práctica, en intervenciones como la desarrollada en esta tesis, surgen retos importantes que merece la pena discutir. En este estudio, una vez que se establecieron los alimentos a incluir dentro de la dieta, determinar las cantidades de consumo, de acuerdo con los requerimientos de la población, fue uno de los mayores retos, ya que se debió considerar la adecuación de más de 27 vitaminas y minerales, además de la composición macronutricional, basada en las recomendaciones actuales para dietas sostenibles, especialmente las señaladas por la comisión EAT-Lancet (FAO, 2012; Willett et al., 2019), pero adaptadas a la población mexicana y al contexto de la dieta de la milpa (Almaguer et al., 2019, 2020; Pérez-Lizaur, 2014).

Al final del diseño de la dieta, se obtuvo una alimentación que los participantes del estudio reportaron como adecuada y sencilla de seguir (apéndice electrónico 26). A pesar de que, al momento del diseño del programa de la presente tesis, las guías alimentarias mexicanas para una dieta saludable y sostenible (SSA, INSP, GISAMAC, UNICEF, 2023) no habían sido publicadas, al estar basadas en el concepto de dietas sostenibles de la FAO/OMS (2019), así como en la dieta para la salud planetaria propuesta por la comisión EAT-Lancet (Willett et al., 2019), las recomendaciones brindadas en las nuevas guías alimentarias mexicanas coinciden con el programa NutriSOS® desarrollado en esta tesis. En primer lugar, se exhorta a la población a consumir menos carnes e incrementar el consumo de leguminosas, al igual que en los objetivos conductuales de esta tesis. Así mismo, se recomienda la disminución del consumo de alimentos ultra-procesados, bebidas azucaradas, y alcohol, y se fomenta el consumo de agua natural y la realización de actividad física. Adicionalmente, de igual manera que en la guía alimentaria diseñada en esta tesis, se exhorta a disfrutar de los alimentos en familia y preferir aquellos de producción local (SSA, INSP, GISAMAC, UNICEF, 2023).

El único elemento presente en las nuevas guías, que no fue abordado en esta tesis fue la promoción de la lactancia materna, así como la promoción de una alimentación saludable y sostenible en todas las etapas de la vida (SSA, INSP, GISAMAC, UNICEF, 2023), ya que el enfoque de esta tesis fue la población adulta joven. Sin lugar a duda, las futuras modificaciones que se realicen a la guía alimentaria diseñada en esta tesis incorporarán a la lactancia materna, y tendrán un enfoque dirigido hacia la población general.

## **Adherencia a dietas sostenibles**

A pesar de que el nuevo plato del bien comer es una excelente actualización con respecto a otras guías alimentarias que consideran la sostenibilidad, al incluir todos los grupos de alimentos saludables y sostenibles disponibles en México, una de sus limitaciones, la cual fue cubierta en la guía alimentaria propuesta en esta tesis, fue la inclusión de alimentos ultra-procesados. Si bien es cierto que su consumo debe desaconsejarse ya que sus efectos deletéreos para la salud están ampliamente probados, especialmente su papel en el desarrollo de enfermedades crónicas como diabetes tipo 2, cáncer y enfermedades coronarias (Pagliai et al., 2021), desde una perspectiva psicológica y conductual, omitir un conjunto de alimentos que están tan disponibles hoy en día, y

que resultan tan palatables para la población, no es la opción más adecuada para eliminar e incluso disminuir su consumo (Mathes et al., 2009; Polivy, 1996).

Aunque la evidencia sobre la adicción a alimentos hiper palatables como los alimentos ultra-procesados continúa siendo diversa y poco concluyente, uno de los elementos clave a considerar es que la restricción totalitaria tiende a generar conductas de abstinencia en un contexto de adicción de alimentos (Parnarouskis & Gearhardt, 2022) o consumos desmesurados después de la restricción, que pueden llegar incluso a desembocar en atracones (Mathes et al., 2009; Polivy, 1996). Por ello, pretender que aquellos alimentos que conforman en un 50% la dieta diaria de la población mexicana (Marrón-Ponce et al., 2018), serán reducidos o eliminados, solo porque no aparecen en una guía alimentaria, es poco realista (Giuliani et al., 2018). Si bien, deben exponerse sus riesgos y desalentar su ingesta, el ser humano, más que una restricción más en su vida necesita las herramientas para lograr auto-regular su ingesta alimentaria (Polivy, 1996). Además, necesita adquirir educación nutricional, que a su vez le proporcione las herramientas para realizar elecciones alimentarias adecuadas (López-Espinoza et al., 2016).

Si bien el papel de la educación nutricional es claro dentro del contexto del cambio de comportamiento alimentario, dentro de las intervenciones orientadas a modificar la dieta de una persona o población, uno de los mayores retos es garantizar que efectivamente la población logre adherirse a la intervención (Oliveira Neta et al., 2023a). En múltiples estudios se ha señalado que lograr una adherencia adecuada en los programas de intervención suele ser uno de los mayores retos (Gila-Díaz et al., 2020). Sin embargo, el primer paso en este contexto es lograr evaluar adecuadamente dicha adherencia. Hoy en día existen una gran cantidad de índices para evaluar la adherencia a intervenciones o tipos de dietas específicas (Aldaya et al., 2021; Cacau et al., 2022). Sin embargo, durante la ejecución de una intervención, un índice de adherencia puede no ser suficiente. En este sentido, el uso de herramientas para monitorear a los participantes de una intervención es prácticamente indispensable si se desea ejecutar con éxito la intervención en cuestión. En este contexto, el uso de las tecnologías es la apuesta actual para incrementar la adherencia de la población a dietas sostenibles, y las aplicaciones móviles para intervenciones nutricionales han demostrado ser efectivas para monitorear a los pacientes participando en una intervención (DiFilippo et al., 2015).

La intervención ejecutada en la presente tesis se apoyó en una aplicación móvil que permitió monitorizar de cerca de la población. Esta aplicación fue desarrollada en un proyecto adicional a la presente tesis, y la validación de esta se encuentra en proceso de publicación. Sin embargo, el grupo de intervención del programa NutriSOS® mostró una alta interacción con la plataforma, y con base en sus comentarios al final de la intervención, esta resultó en una estrategia que los hizo interesarse aún más en permanecer en la intervención. Si bien es cierto que la aplicación usada en este proyecto, que está registrada con el mismo nombre de la intervención, NutriSOS®, aún debe ser mejorada con respecto a su funcionamiento, su implementación en este estudio fue clave para la motivación de las personas.

Además de las tecnologías para evaluar la adherencia de la población a la intervención, los índices de adherencia continúan siendo herramientas útiles para poder medir el grado de

cumplimiento de las personas intervenidas a las recomendaciones brindadas. Dada la novedad de la línea de investigación abordada en esta tesis: las dietas sostenibles (Gialeli et al., 2023), a lo largo del desarrollo de esta surgió nueva evidencia que, si bien no pudo ser empleada durante el planteamiento del estudio, ahora mismo son un ejemplo para evaluar de manera crítica este trabajo (Eme et al., 2019; Oliviera Neta et al., 2023b). En primer lugar, en 2022, Stubbendorff et al. propusieron un nuevo indicador basado en la dieta para salud planetaria The EAT-Lancet, para población sueca. Su propuesta es una de las más adecuadas hasta el momento, ya que además de establecer consumos máximos recomendados, también incorpora consumos mínimos, y clasifica a los grupos de alimentos de la dieta EAT-Lancet en aquellos cuya ingesta debe ser enfatizada, como lo son las frutas, vegetales y grasas insaturadas, así como las leguminosas, nueces, cereales integrales, y pescado, y aquellos cuya ingesta debe ser limitada, como las carnes rojas, incluida la res, cerdo, y borrego, así como el pollo, huevos, lácteos, azúcares añadidos e incluso las patatas.

En el caso de México, en 2023 se publicó un índice de adherencia a la dieta para salud planetaria de EAT-Lancet (Campiraro et al., 2023), que resultó ser similar al índice propuesto por Stubbendorff et al. (2022). No obstante, este cuenta con algunas limitaciones, como, por ejemplo, otorgar menos puntaje por eliminar el consumo de lácteos, que por consumir hasta 500 mililitros por día. Así mismo, se puntúa con un máximo valor el consumir carne de res, que, si bien es en bajas cantidades, promueve su integración a la dieta, contrario al mismo índice de EAT-Lancet (Willet et al., 2019) y al índice de Stubbendorff et al. (2022). Así como este índice, en los últimos años, debido al incremento exponencial que ha ganado el estudio de las dietas sostenibles a nivel internacional (Gialeli et al., 2023), han surgido muchos otros, con características similares. Sin embargo, al estar basados en la dieta para salud planetaria de la comisión EAT-Lancet, son muy similares (Fresán et al., 2023).

Dentro de este estudio, el nivel de adherencia a la población fue variable durante las etapas de la intervención, e incluso, varió entre la adherencia auto percibida y la adherencia determinada por índices. Sin embargo, se observó una adherencia adecuada durante la intervención, que coincidió con la adherencia auto percibida. Sin embargo, en la semana 15 del estudio, a pesar de que la adherencia auto percibida fue alta, el índice de adherencia reflejó menores niveles. Esto deberá tomarse en cuenta para el análisis posterior de los resultados de este estudio. Además, esto genera la necesidad de llevar a cabo nuevos análisis por protocolo, donde se analicen los efectos de la intervención únicamente en la población con altos niveles de adherencia.

Ahora bien, una vez que se identificó el nivel de adherencia de la población, y que es posible señalar que los resultados obtenidos en la población de intervención pueden reflejar cambios a partir del consumo de la dieta prescrita, existen una amplia cantidad de resultados que deben ser discutidos. En primer lugar, de manera general, los efectos benéficos de la dieta tradicional mexicana sobre múltiples indicadores de salud son cada vez más conocidos (Valerino-Perea et al., 2019). A lo largo de esta tesis se han reiterado los múltiples beneficios que la dieta tradicional mexicana puede llegar a tener sobre la salud de la población y del planeta, mientras se respetan los elementos culturales, sociales y económicos de la población. Sin embargo, después de analizar los efectos que tuvo esta intervención sobre una gran cantidad de biomarcadores y de indicadores como

la microbiota intestinal, la composición de la dieta tradicional mexicana debe ser analizada con mayor profundidad (Avila-Nava et al., 2017; Santiago-Torres et al., 2016; Valerino-Perea et al., 2023).

## Efectos sobre la microbiota intestinal

Si bien, la dieta tradicional mexicana es una dieta rica en nutrientes y diversa en una gran cantidad de alimentos (Mercado-Mercado et al., 2019), la realidad es que hoy en día, la disponibilidad de los alimentos que se proporcionan dentro de la dieta de la milpa, son escasos (Almaguer et al., 2019, 2020). Esto genera que la dieta tradicional mexicana actual, sea poco variada, y sin lugar a duda, esto pudo haber tenido un efecto sumamente importante sobre los indicadores evaluados, especialmente la microbiota intestinal (Avila-Nava et al., 2017; Vázquez-García et al., 2004).

La microbiota intestinal es uno de los indicadores de salud (o enfermedad) con mayor relevancia en la actualidad, y, sin embargo, entre más se descubre al respecto, más incógnitas continúan surgiendo (Chávez-Carbajal et al., 2019). La dieta ha sido postulada como uno de los principales moduladores de la microbiota intestinal, y especialmente, algunos elementos como la fibra han sido referidos como los responsables de permitir la proliferación de bacterias específicas, con efectos sobre la salud metabólica (Bianchetti et al., 2023; De Angelis et al., 2020; Senghor et al., 2018). Como ejemplo de los anterior están las bacterias productoras de ácidos grasos de cadena corta, como el butirato y propionato, tales como la *Faecalibacterium prausnitzii* (Medina-Vera et al., 2019; Meslier et al., 2020; Verhoog et al., 2019) y la *Akkermansia muciniphila* (Avila-Nava et al., 2017; Dao et al., 2016; Medina-Vera et al., 2019; Verhoog et al., 2019). Aunque múltiples estudios han asociado este tipo de bacterias con dietas basadas en plantas, los resultados de esta tesis arrojaron información que desafía a una gran cantidad de estudios que sustentan que la dieta es uno de los principales moduladores de la microbiota intestinal, o al menos, que la dieta puede modular a la microbiota intestinal en periodos cortos de tiempo, por ejemplo, días o semanas (David et al., 2014, Leeming et al., 2019).

Aunque no fueron identificadas diferencias estadísticamente significativas entre la abundancia relativa de uno de los principales filos bacterianos presentes en la microbiota intestinal, los Firmicutes, recientemente denominados como Bacillota, los Bacteroidetes (recientemente denominados como Bacteroidota) (Lares-Michel et al., 2023), si mostraron un aumento estadísticamente significativo entre la semana 0 y 8 y 0 y 15 en el grupo de intervención. Esto por consecuencia se reflejaría una modificación del ratio Firmicutes/Bacteroidetes. Este tipo de cambios en la microbiota intestinal pueden explicarse desde diversas perspectivas. Sin embargo, la influencia de la dieta es crucial. En el estudio de Lutsiv et al. (2022), se identificó que el consumo de frijoles podría jugar un papel importante en este tipo de modificaciones. Dentro de la intervención NutriSOS® se identificaron cambios estadísticamente significativos en la ingesta de leguminosas, tanto al comprar el consumo durante las etapas del estudio, en el grupo de intervención, como al comparar al grupo control con el grupo de intervención. Esto, aunado al incremento en el consumo

de vegetales, nueces y semillas (aceites con proteína) podría explicar este tipo de modificaciones en la microbiota intestinal (Li et al., 2024).

A pesar de este tipo de cambios en la dieta, y modificaciones en bacterias como Bacteroidetes, es importante señalar que no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre bacterias que han sido asociadas con el consumo de dietas basadas en plantas en reiterados estudios, como la *Prevotella copri* (Asnicar et al., 2021). Así mismo, pese a que se logró incrementar el consumo de fibra en el grupo de intervención, la abundancia relativa de *Faecalibacterium prausnitzii* y *Akkermansia muciniphila* no se modificó. Esto se contrapone a una serie de estudios que han logrado modificar la abundancia relativa de este tipo de bacterias por medio de intervenciones dietéticas basadas en plantas (Medina-Vera et al., 2019; Meslier et al., 2020). Sin embargo, es importante señalar que, aunque durante la intervención no se identificaron cambios significativos, los modelos de regresión lineal de efectos mixtos sí mostraron efectos interesantes con respecto a una amplia variedad de alimentos, en la mayoría de las bacterias analizadas. Cada bacteria se asoció con alimentos diferentes, pero, en general, las carnes estuvieron asociadas con la modificación de la microbiota intestinal, así como la comida rápida, cereales con grasa, frutas, verduras, leche y yogurt, e incluso la comida mexicana.

Una de las bacterias con más interés en este estudio fue la *Bilophila wadsworthia*, ya que su abundancia relativa está asociada con el consumo de carnes y alimentos de origen animal (Meslier et al., 2020). Aunque al comparar su abundancia relativa entre etapas en el grupo de intervención, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas, al contrastar al grupo control con el grupo de intervención, se encontraron valores estadísticamente menores en el grupo de intervención en contraste con el grupo control. Este hallazgo es clave dentro de la presente tesis, ya que confirma el papel deletéreo que poseen las carnes sobre la microbiota intestinal, y confirma el efecto benéfico de una dieta sostenible sobre la modulación de la microbiota intestinal, en particular sobre bacterias asociadas con procesos inflamatorios como lo es la *Bilophila wadsworthia* (Feng et al., 2017; Natividad et al., 2018).

Aunque durante etapas o entre grupos no se identificaron cambios en otras bacterias como *Streptococcus thermophilus*, es importante señalar que los modelos de efectos mixtos mostraron relaciones interesantes, como, por ejemplo, en este caso, el consumo de leche y yogurt se relacionó con esta bacteria, coincidiendo con la literatura disponible al respecto (Bianchetti et al., 2023; Ghosh & Valdes, 2023; Meslier et al., 2020). Además, el consumo de más fibra, especialmente proveniente de verduras y frutas, se asoció con la abundancia relativa de bacterias como *Lactobacillus* y *Faecalibacterium prausnitzii*, que han sido reiteradas como bacterias que proliferan con altos consumos de fibra (Albracht-Schulte et al., 2021; Hentges et al., 1977; Rinninella et al., 2019a, 2019b; Senghor et al., 2018). Aunque otras bacterias como *Clostridium coccooides* no se modificaron durante la intervención, su abundancia relativa sí se asoció con las carnes rojas (Jamar et al., 2018; Rodríguez Lara, 2015).

## Efectos sobre biomarcadores metabólicos

Adicional a los hallazgos sobre microbiota intestinal, uno de los resultados que más se contraponen a lo que la literatura ha señalado hasta ahora, con respecto a los efectos de las dietas basadas en plantas sobre la salud metabólica, fueron los niveles de glucosa en sangre, identificados durante la intervención en el grupo de intervención de este estudio. A pesar de que las dietas basadas en plantas han sido promocionadas por sus efectos benéficos a la salud (Schwingshackl et al., 2020), especialmente sobre la prevención de algunas enfermedades crónicas no transmisibles como la diabetes tipo 2 (Ojo et al., 2023), los resultados de la presente tesis respecto a los cambios identificados en los niveles de glucosa de la población van en contra de lo que la mayoría de la literatura ha señalado.

Lo anterior debido a que se identificó una diferencia estadísticamente significativa en los niveles basales y post-intervención de glucosa sérica en ayuno, del grupo de intervención, con una tendencia hacia el incremento. Si bien los participantes del estudio tuvieron niveles adecuados de este indicador, y uno de los criterios de inclusión fue no padecer diabetes de ningún tipo, el hecho de que una dieta basada en plantas pueda incrementar sus niveles de glucosa, es un hallazgo que puede generar preocupación. Este resultado controversial puede tener una índole metodológica, por ejemplo, que los participantes hayan omitido el consumo de ciertos alimentos a la hora de la toma de las muestras de sangre, y no se encontraran en ayuno (Eslami et al., 2011). Sin embargo, también es importante señalar que las variaciones encontradas, aunque fueron estadísticamente significativas, correspondieron a 2 puntos ( $90.68 \pm 6.56$  vs  $92.60 \pm 5.83$  mg/dL), por lo que, valores posprandiales tenderían a ser más elevados (DOF, 2010a). Por ello, merece la pena analizar este hallazgo.

Uno de los principales elementos a los cuales puede ser atribuido el incremento en los niveles de glucosa, es el bajo contenido de proteína en la dieta. Si bien, un mayor consumo de proteína animal ha sido relacionado con mayor riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 (Zhao et al., 2023), el consumo de proteína, independientemente del tipo, pero especialmente consumida en compañía de carbohidratos simples, puede llegar a tener un papel modulador en los niveles de glucosa (Spiller et al., 1987; Yang et al., 2023). Aunque las guías alimentarias actuales para una alimentación saludable y sostenible sustentan la promoción de un aporte de proteína alrededor de 0.8 gramo por kilogramo de peso corporal, para preservar la salud humana y planetaria (Willet et al., 2019), indudablemente se requieren más estudios sobre los efectos que esta cantidad de proteína puede tener en diferentes indicadores de salud. Así mismo, debe reconocerse que una de las limitaciones de la presente tesis es que el cálculo de proteína en la dieta se realizó en contenido bruto, es decir, que no se cuantificó el nivel de absorción de este, ni su interacción con otros elementos que intervienen en su adecuada absorción, como es la fibra dietética, la cual fue alta (Loveday, 2023; Vahouny & Cassidy, 1985). Futuros análisis considerando estos elementos podrían ayudar a explicar los hallazgos identificados.

Por otra parte, aunque el consumo de frutas está altamente recomendado en una dieta saludable y sostenible, se ha identificado que un consumo excesivo, especialmente en forma de jugos, podría asociarse con niveles elevados de glucosa (Bondonno et al., 2021; Schaefer, et al.,

2009). Además de esto, el consumo de fruta fresca es esencial para preservar ciertos nutrientes como la vitamina C, ya que se ha establecido que el contenido de vitamina C en las frutas naturales (así como otros antioxidantes y flavonoides) puede brindar una protección contra las consecuencias adversas relacionadas con la ingesta excesiva de fructosa, como la elevación de glucosa circulante (Johnson, et al., 2009). Adicionalmente, el control en las porciones de consumo es sumamente importante, así como su consumo en su forma completa y no en jugo (Bondonno et al., 2021). En el contexto de la regulación de glucosa, los niveles de actividad física también juegan un papel fundamental, y si bien se logró aumentar ligeramente la realización de esta durante la intervención, es cierto que los niveles alcanzados continúan siendo deficientes. Por ello, este elemento también podría sumarse a las explicaciones de los hallazgos (De Paola et al., 2023; Yates et al., 2007).

A pesar de que los niveles de insulina y, por ende, el índice HOMA no pudieron ser analizados en la presente tesis, la exploración física en búsqueda de signos de resistencia a la insulina, como lo es la acantosis nigricans, mostró disminuciones en algunos participantes, lo que se contrapone a los mismos niveles de glucosa identificados. Sin embargo, este método de exploración física no puede considerarse como un dato concluyente (Pinheiro et al., 2011). Por último, otra posibilidad dentro de los hallazgos referentes a los niveles de glucosa es que los participantes no hayan sido completamente honestos con respecto a su ingesta de alimentos. Si bien el consumo dietético fue monitoreado con fotografías, registros dietéticos, CFCA y recordatorios de 24 horas, es necesario recordar que este estudio fue de tipo cuasi-experimental, por lo que los hallazgos del mismo no pueden ser considerados como una respuesta absoluta a todas las hipótesis planteadas.

Aunque los efectos de las dietas basadas en plantas sobre los niveles de glucosa y la prevención o riesgo de diabetes pueden llegar a ser controversiales, sus efectos sobre la salud cardiovascular parecen ser más claros (Satija & Hu, 2018). Dos recientes revisiones sistemáticas con metanálisis, llegaron a la conclusión de que una dieta basada en plantas, con un bajo contenido de alimentos de origen animal, juegan un papel clave en la prevención del desarrollo de enfermedades cardiovasculares incluyendo enfermedad coronaria e infartos (Gan et al., 2021; Quek et al., 2021). Ahora bien, dentro de los factores de riesgo cardiovascular, el perfil lipídico, incluyendo los niveles de colesterol total, HDL y LDL, así como triglicéridos, ha demostrado ser uno de los mayores elementos de riesgo para el desarrollo de enfermedad coronaria e infarto (Li et al., 2017).

Una de las intervenciones que más ha sido estudiada para modular los niveles de lípidos en sangre han sido las dietas basadas en plantas (Li et al., 2017). Sin embargo, a pesar de esto, una revisión sistemática con metanálisis señaló que, aunque las dietas basadas en plantas se asocian con una disminución del colesterol total, HDL y LDL, no se relacionan con una disminución de los triglicéridos (Yokoyama et al., 2017). Los resultados de la presente tesis coincidieron con estos estudios que sustentan los efectos positivos de una dieta basada en plantas sobre los niveles de colesterol total, HDL y LDL, pero no sobre los triglicéridos (Li et al., 2017; Yokoyama et al., 2017). Estos hallazgos pueden estar vinculados al incremento en el consumo de grasas insaturadas como el aceite de oliva y el aguacate durante esta intervención (Laguzzi et al., 2024), mientras que los



triglicéridos son susceptibles a incrementarse en dietas ricas en carbohidratos, tal como las dietas basadas en plantas (Shahavandi et al., 2020).

Otro de los hallazgos más interesantes de este estudio, son los niveles de presión arterial, ya que se identificaron disminuciones estadísticamente significativas en el grupo de intervención. Varias investigaciones, e incluso ensayos controlados aleatorizados, han demostrado que una dieta basada en plantas puede modular este indicador de salud cardiovascular (Gibbs et al., 2021; Tomé-Carneiro & Visioli, 2023). Sin embargo, debe señalarse que esto puede ser una consecuencia de las reducción de ingesta de sodio, derivadas por una disminución en el consumo de alimentos ultra-procesados (Tomé-Carneiro, & Visioli, 2023).

## Efectos sobre el medio ambiente

Hasta ahora, los efectos sobre la salud de la intervención llevada a cabo en la presente tesis, muestran un panorama interesante, con efectos variables, que, si bien pueden ser discutibles, ofrecen perspectivas interesantes para la prevención e incluso tratamiento de algunas alteraciones, especialmente a nivel cardiovascular. Sin embargo, uno de los principales objetivos de esta tesis fue combinar la salud humana, con la salud planetaria, y debe señalarse que los efectos identificados sobre el medio ambiente son mucho más claros y significativos, que los identificados sobre la salud humana.

En primer lugar, las disminuciones identificadas en los niveles de la huella hídrica dietética de la población rebasaron las expectativas de la presente intervención, al igual que en el caso de la huella de carbono. Después de 7 semanas de intervención, en la semana 8, se identificaron disminuciones en la huella hídrica de más de 3,600 litros por persona al día, y disminuciones cercanas al 50% en la cantidad de EGEI que son emitidos por la producción de los alimentos consumidos durante la intervención. Este tipo de resultados son nuevos en este campo, sin embargo, son cada vez más las investigaciones que comienzan a evaluar los efectos de intervenciones dietéticas sobre el medioambiente (Grasso et al., 2020; Pitt et al., 2023).

Uno de los primeros estudios en medir el impacto medioambiental de una intervención dietética, fue el de Grasso et al. (2020). Sin embargo, contrario a la hipótesis establecida en dicho estudio, se identificó un incremento en el uso de combustibles fósiles, además de que no se identificaron diferencias en la EGEI, uso de suelo y puntaje del índice medioambiental pReCiPe. Más recientemente, Pitt et al. (2023) llevaron a cabo un análisis post-hoc, para identificar el impacto medioambiental de una intervención basada en el uso de una aplicación móvil para promover una alimentación saludable. En este estudio se identificaron resultados similares a los presentados por Grasso et al. (2020), ya que no lograron identificar diferencias en los niveles de gases de efecto invernadero después de la intervención, ni en contraste con el grupo control, ni intra-sujeto. Sin embargo, el principal problema de ambos estudios es que su objetivo inicial no fue diseñar una dieta para lograr disminuir el impacto medioambiental de la misma. Esto comprueba que una dieta saludable, no necesariamente es sostenible a nivel medioambiental.

En contraparte, el ensayo controlado aleatorizado de Bianchi et al., (2021), si bien tampoco estuvo diseñado inicialmente para disminuir el impacto medioambiental de la dieta del grupo de intervención, sí señaló los beneficios de disminuir el consumo de carne de res a nivel medioambiental. En el protocolo inicial de este estudio, no se incluía la evaluación de ninguna métrica medioambiental (Bianchi et al., 2019). No obstante, en la publicación de sus resultados, incorporaron la EGEI, así como el uso de suelo. Los hallazgos de esta investigación coinciden con los resultados de la presente tesis, ya que se lograron disminuir los niveles de EGEI después de la intervención, que en el caso del estudio NutriSOS® fue a la semana 8, y en el caso de Bianchi et al., (2021) fue a la semana 4. Así mismo, en ambos estudios se llevaron a cabo seguimiento de los pacientes, que en esta tesis fue a la semana 15 y en el estudio de Bianchi et al., (2021) a la semana 8. En esta última medición, en ambos casos se identificó una tendencia similar, ya que los niveles tuvieron una tendencia a incrementar, pero no regresaron a los valores iniciales.

## Otras intervenciones para promover dietas sostenibles

Otro estudio que vale la pena discutir con respecto a esta tesis, es el llevado a cabo por Monroe et al. (2015), el cual se llevó a cabo durante 5 semanas, en 491 estudiantes (grupo de intervención = 187). El objetivo de este fue investigar la efectividad de una intervención interactiva en línea, denominada *The Green Eating Project* (Proyecto de Alimentación Ecológica), para motivar a estudiantes universitarios a adoptar comportamientos ecológicos. Este estudio estuvo basado en el modelo Transteórico y educación proambiental para lograr incrementar las conductas sostenibles en los jóvenes. La intervención estuvo basada en la reducción del consumo de carnes y en la promoción del consumo de proteínas amigables con el medioambiente. Algo interesante es que, aunque su enfoque era la promoción de una alimentación sostenible, no incluyeron ninguna métrica medioambiental, por lo que sus resultados no fueron plenamente contrastables con la presente tesis. No obstante, este estudio incluyó el desperdicio de alimentos y el consumo de alimentos locales, y al final de este, se logró incrementar la motivación de los participantes hacia un consumo alimentario más sostenible. Adicionalmente, lograron incrementar conductas sostenibles como el consumo de proteína con bajo impacto ambiental, una mayor ingesta de alimentos locales y lograron disminuir el desperdicio de alimentos. Aunque en la intervención desarrollada en esta tesis, no se consideró el desperdicio de alimentos, algunos hallazgos, como el consumo de menos carne y más alimentos locales fueron compartidos con el estudio de Monroe et al. (2015).

Otra de las investigaciones que ha trabajado por la promoción de adopción de conductas alimentarias sostenibles, con base en la modificación conductual, fue el estudio de Stanszus et al. (2019). Este se llevó a cabo en 76 adultos durante 8 semanas, y estuvo basado en la técnica *Mindfulness*, es decir, atención plena a la hora de comer. Además de esta técnica psicológica, estuvo basada en la educación nutricional sostenible por medio de atención plena, e incluyó sesiones grupales semanales y prácticas individuales. En contraste con los resultados de la presente tesis, aunque al final de la intervención de Stanszus et al. (2019), se logró incrementar la alimentación consciente, esta no tuvo efectos significativos sobre los comportamientos nutricionales sostenibles.

Además, los principales cambios en la población estuvieron vinculados con actitudes e intenciones, pero no con conductas.

Los estudios que efectivamente han sido diseñados inicialmente para promover una alimentación sostenible son escasos. Sin embargo, cada día surgen más protocolos que han comenzado a proponer intervenciones similares a la desarrollada en esta tesis. Una de las intervenciones más similares a la de esta tesis, es la propuesta por Fresan et al. (2023), que comparte la mayoría de los objetivos conductuales de este estudio, y también está basada en una aplicación móvil. Sin embargo, dicho estudio corresponde a un estudio piloto, y únicamente se enfoca en el cambio de comportamiento hacia una dieta sostenible, pero no evalúa los efectos de los mismos sobre indicadores de salud ni medio ambiente.

Otro protocolo, cuyos resultados aún no están disponibles pero que son bastante prometedores, es el estudio de O'Sullivan (2023) registrado en la plataforma ClinicalTrials.gov, que corresponde a un ensayo controlado aleatorizado realizado en Dublín, para promover una alimentación sostenible y evaluar sus efectos sobre la EGEI. Además, incluye algunos indicadores dietéticos como el consumo de calcio y hierro y los niveles de algunos marcadores como yodo urinario, vitamina D sérica (25(OH)D nano moles por litro), perfil lipídico (colesterol total, HDL, LDL, y triglicéridos) y glucosa. Una de las fortalezas de este protocolo, con respecto a la presente tesis, es la inclusión de otros indicadores de relevancia para la salud humana, como los niveles de vitamina D. Sin embargo, el resto del protocolo permitirá obtener datos contrastables con la intervención llevada a cabo en esta tesis.

Finalmente, aunque la inclusión de la microbiota intestinal dentro del estudio de las dietas sostenibles es un campo nuevo (Lares-Michel et al., 2023), actualmente se está llevando a cabo un protocolo en Irlanda del Norte, donde se están evaluando los efectos de una dieta sostenible sobre la microbiota intestinal y algunos metabolitos. Es importante señalar que, aunque el protocolo señala a la dieta de intervención como una dieta sostenible, no se menciona ningún indicador medioambiental dentro del protocolo, y realmente la dieta a la que hacen referencia es una dieta basada en plantas. A pesar de sus limitaciones desde la perspectiva medioambiental, desde la perspectiva biológica es un estudio que aportará importantes hallazgos en esta área de estudio. Lo anterior debido a que las variables primarias de la intervención son los cambios en la microbiota intestinal, especialmente con respecto al número de bifidobacterias, y la cuantificación de N-óxido de trimetilamina (L-Carnitina). Además, las variables secundarias del estudio engloban una amplia cantidad de variables de interés, especialmente con respecto al microbioma intestinal. Dentro de estas, incluyen elementos como la bioactividad de agua fecal, los efectos de la dieta basada en plantas sobre marcadores inflamatorios, así como el análisis de citocinas mediante prueba ELISA (MagPix), los efectos ex vivo del agua fecal en los patobiontes intestinales, el cocultivo de la fase acuosa de las heces con *C. difficile* para evaluar los cambios en su biología, la cuantificación de fitoquímicos y la cuantificación de ácidos grasos de cadena corta. En definitiva, este estudio generará aportes importantes sobre el área de estudio de esta tesis. Sin embargo, es importante señalar que una dieta basada en plantas no puede ser considerada automáticamente como sostenible. Por ello, una de las limitaciones del estudio, en contraparte con esta tesis, es la falta de

conceptualización adecuada sobre el tipo de intervención a ejecutar. Además, es importante señalar que una de las limitaciones, tanto de este estudio, como de la mayoría de los ensayos clínicos promoviendo el consumo de una dieta en participar, es la omisión de elementos tan importantes como el comportamiento humano.

## Limitaciones y fortalezas de la tesis

De manera general, la falta de inclusión de métricas medioambientales dentro de las intervenciones publicadas hasta el momento complejiza aún más lograr contrastar los resultados obtenidos en esta tesis (Monroe et al., 2015; Stanszus et al., 2019). Sin embargo, es importante señalar que, aunque las métricas utilizadas en esta tesis están dentro de las de mayor relevancia hoy en día (Willett et al., 2019), una de las limitaciones de este estudio, es la falta de inclusión de otros indicadores como el uso de suelo, la pérdida de biodiversidad, e incluso el cálculo de desperdicio de alimentos. No obstante, es importante señalar que los resultados obtenidos sustentan los efectos benéficos de las dietas sostenibles, tanto para la salud como para el medio ambiente (Carey et al., 2023). Además, esta tesis se enfocó en dos de las principales problemáticas por las cuales atraviesa de mundo y México: la escasez de agua y el cambio climático (IPCC, 2018; López, 2019; Marengo Mogollón, 2020).

Una de las principales fortalezas de este trabajo, es su índole multidisciplinaria, y la perspectiva holística que logró, al integrar no solamente elementos vinculados con la salud, nutrición, o medio ambiente. Sino que también se enfocó en los elementos psicológicos y conductuales de la población, y además en sus características culturales, sociales y económicas. Con esto, se generó la primera aproximación teórica-metodológica, nacional e internacional, del estudio de la psico-nutrición-sostenible y la educación nutricional-sostenible. De esta manera, en esta tesis se recogen los elementos necesarios para que futuros estudios que pretendan estudiar a las dietas sostenibles en México, puedan llevar a cabo intervenciones psico-nutricional-sostenibles, y de esta manera, se cuente con herramientas para la mitigación y adaptación al cambio climático, escasez de agua y el proceso de transición nutricional, en conjunto. Además, esta tesis aporta una guía para que otras regiones de estudio, incluso a nivel internacional, puedan evaluar, diseñar e implementar intervenciones para promover el consumo de dietas sostenibles.

De manera empírica, los resultados de esta tesis comprobaron que una dieta sostenible genera beneficios sobre biomarcadores metabólicos de alta relevancia en el contexto actual de México. Sin embargo, es importante destacar que el efecto encontrado no es un efecto generalizado, y los principales biomarcadores encontrados con efectos positivos fueron aquellos relacionados con la salud cardiovascular, en particular los niveles de colesterol total, y HDL. Además, los efectos encontrados en la presión arterial hacen que se postule a la dieta sostenible como una dieta cardio protectora. Sin embargo, los resultados vinculados a los niveles de glucosa y triglicéridos hacen que se requieran más investigaciones al respecto, para comprobar o rechazar los efectos encontrados en esta tesis.

Los hallazgos con respecto a la microbiota intestinal también permiten indicar que una dieta sostenible puede modularla. Sin embargo, los resultados tampoco pueden ser generalizados, y

hasta el momento los únicos efectos claros identificados se vinculan con bacterias específicas como la *Bilophila wadsworthia* y los Bacteroidetes. Sin embargo, los datos encontrados en los modelos de efectos mixtos también proveen información interesante del papel que juegan alimentos específicos sobre otras bacterias importantes en la microbiota intestinal, como *Faecalibacterium prausnitzii*, *Akkermansia muciniphila*, *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*. En este sentido, se logró evidenciar y sustentar la importancia entre un equilibrio en el consumo de alimentos de origen vegetal y animal. No obstante, es importante reconocer que el método empleado para la detección de bacterias en esta tesis no fue el más preciso, especialmente considerando la química de detección de ADN empleada, que fue SYBR Green. Esto fue así debido a los recursos y financiación disponible para la tesis. Además, es importante señalar que futuros análisis posteriores con método más específicos como la secuenciación masiva, podrían aportar datos interesantes que probablemente ayudarían a explicar de manera más específica los resultados de esta tesis.

Aunque la duración de la intervención permitió identificar cambios en una gran cantidad de variables en la tesis, futuros estudios con mayor duración, por ejemplo 6 meses e incluso 1 año, podrían aportar nueva información sobre el mantenimiento de los efectos obtenidos en esta tesis. Además de esto, también se debe reconocer que, aunque las evaluaciones y diagnósticos llevados a cabo aportaron información valiosa para el diseño de la intervención, la falta de financiación fue una barrera para poder efectuar diagnósticos más completos que incluyeran todas las dimensiones de las dietas sostenibles. Sin embargo, eficientizar los recursos disponibles permitió la culminación satisfactoria de esta investigación, y especialmente, aportar evidencia científica a un área del conocimiento nueva y que resulta tan importante, como lo es el abordaje integral de la salud tanto de los humanos como del planeta.

Además de esto, debe reconocerse que una de las mayores contribuciones de este trabajo es la consideración de elementos conductuales y psicólogos para garantizar que la población se adhiera a dietas específicas como las dietas sostenibles. Este es un elemento clave para aumentar las probabilidades de que la población consuma dietas que sean benéficas para ella y el planeta. Sin embargo, de manera general, los ensayos controlados tanto aleatorizados, como no aleatorizados, tienden a obviar la importancia de estos elementos, y tienden a centrarse en el diseño experimental, el diseño del tipo de dieta, o incluso en cómo medir los efectos de las intervenciones (Kahleova et al., 2018; Päivärinta et al., 2020). Sin embargo, debe hacerse hincapié en que, aunque estos elementos sean perfectos, si la población no se adhiere adecuadamente a las intervenciones, los efectos de estas no serán claros. Por ello, en esta tesis se confirma que la ciencia del comportamiento es el medio más adecuado para lograr modificar los hábitos alimentarios actuales de la población, tanto en México como a nivel internacional (López-Espinoza et al., 2014).

Finalmente, con este estudio se establecen las bases para que futuros estudios nutricionales comiencen a integrar los elementos de las dietas sostenibles en todo momento, y siempre alineados a los elementos psicológicos de la población. En este sentido, a partir de este estudio, las futuras investigaciones cuyo objetivo sea modificar el comportamiento alimentario de la población deberá integrar elementos psicológicos que serán la base del programa de intervención y el medio para modificar conductas dietéticas; elementos biológicos que serán los aspectos a evaluar

como resultado del programa de intervención; y sociales, al incorporar los datos sociodemográficos y socioeconómicos de los participantes, promoviendo dietas sostenibles, es decir, que sean económicamente asequibles para la población. Con esto, la aproximación del comportamiento alimentario, además de integrar elementos biológicos, psicológicos y sociales, deberá incorporar un elemento global que interrelacione a los otros tres: el medio.

# CONCLUSIONES

## Conclusiones

Con base en los resultados de esta tesis se identificó que el impacto medioambiental de la alimentación actual de los mexicanos es uno de los más elevados a nivel internacional, especialmente respecto a la huella hídrica. Se identificaron altas tasas de sobrepeso y obesidad en la población, que afectan a más del 60% de la población, lo que además resultó en mayores impactos sobre el medio ambiente. Se encontró que las personas con sobrepeso y obesidad generan mayores impactos sobre la huella hídrica. Aunque la mayoría de la población se encuentra en un proceso de transición nutricional, también existen grupos poblacionales que están consumiendo dietas altas en proteína animal vinculadas al desarrollo de actividad física. Con base en las evaluaciones y diagnósticos llevados a cabo, se desarrolló una intervención psico-nutricional-sostenible que logró que una muestra de adultos jóvenes del Sur de Jalisco de entre 18 y 35 años se adhirieran a una dieta sostenible. Esta dieta logró modular biomarcadores metabólicos vinculados con salud cardio-metabólica, como los niveles de colesterol total y HDL. Además, la intervención disminuyó de manera significativa la presión arterial de los participantes. La microbiota intestinal también se logró modular, especialmente con respecto a una disminución en bacterias patógenas y proinflamatorias como la *Bilophila wadsworthia* y aumentos los Bacteroidetes. Algunas bacterias como *Lactobacillus* y *Faecalibacterium prausnitzii* se asociaron con el consumo de algunos elementos clave de la dieta sostenible, como fueron las frutas y las verduras. La intervención además demostró disminuir de manera significativa el impacto medioambiental de las dietas de la población intervenida, especialmente sobre la huella hídrica y de carbono. Esta tesis logró establecer las bases para que futuros estudios lleven a cabo intervenciones para promover dietas sostenibles.



# **AGRADECIMIENTOS**

## Agradecimientos

- *Al universo, por siempre colocarme en los sitios adecuados, con las personas adecuadas. Hoy más que nunca sé que todo pasa por algo en esta vida, y cada suceso, positivo o negativo es necesario para el curso de las cosas.*
- *A mis dos almas mater, la Universidad de Granada (UGR) y la Universidad de Guadalajara (UDG), por permitirme formar parte de tan prestigiosas Universidades. De igual manera, gracias al Instituto de Nutrición y Tecnología De los Alimentos (INUYA) y al Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN).*
- *Al Tecnológico Nacional de México por las colaboraciones científicas realizadas.*
- *Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), por el apoyo brindado con la beca número 934420.*
- *A la Asociación Iberoamericana de Posgrado (AUIP) por el Apoyo de Movilidad brindado para realizar una de mis estancias de investigación en la Universidad de Granada.*
- *Al programa de Estancias Académicas Internacionales de Especialización, por el apoyo brindado para la realización de una de mis estancias de investigación en la Universidad de Granada.*
- *A mi querido director y tutor de tesis el Dr. Jesús Francisco Rodríguez Huertas. Muchas gracias por todo su apoyo, por recibirme como su estudiante y acogerme estando lejos de mi país. Muchas gracias por brindarme la oportunidad de cumplir uno de mis más grandes sueños, estudiar un doctorado doble.*
- *A mi querida directora de tesis, la Dra. Fatima Ezzahra Housni, quien me ha visto crecer tanto personal como académicamente durante mi formación como científica. Gracias por todo su apoyo, cariño y comprensión, pero sobre todo por siempre confiar y creer en mí. Sin usted esto no sería posible, y por siempre estaré agradecida.*
- *Al mejor equipo del mundo, el equipo NutriSOS, gracias infinitas a Rafa, Leilani, Salvador, Hannia, Erika, Gama, Lupita, Mayra, y a todo el equipo de programadores de la aplicación móvil NutriSOS. Este trabajo no hubiese sido posible sin el apoyo de cada uno de ustedes.*
- *A una de las mejores docentes e investigadoras que conozco, a mi mayor ejemplo a seguir y a la mujer que me dio la vida: mi mamá, la Dra. Rosa María Michel Nava. Gracias por todo el apoyo, consejos, cariño y educación. Especialmente gracias por creer en mí para el desarrollo de este proyecto y las tecnologías que han facilitado su desarrollo.*
- *A mi querida codirectora de tesis, la Dra. Zyanya Reyes Castillo, un elemento fundamental para incursionar en áreas del conocimiento desconocidas para mí. Gracias por todo el apoyo, la confianza y por compartir conmigo sus conocimientos.*
- *A mi querida asesora de tesis, la Dra. Virginia Gabriela Aguilera Cervantes, por todo su apoyo y por haber sido uno de los elementos clave en mi decisión de ser investigadora. Por siempre, gracias por impulsarme en este reto y por confiar en mis capacidades.*

- *A mi querida asesora y coordinadora de doctorado en la Universidad de Guadalajara, la Dra. Nicoletta Righini, por todo su apoyo en este proceso, y por sus valiosas aportaciones a este trabajo.*
- *A mi coordinadora de doctorado en la Universidad de Granada, la Dra. Belén García Villanova Ruíz, por todo su apoyo en esta travesía llamada cotutela.*
- *A mi papá, el Ing. Gerardo Lares Sánchez, por su apoyo incondicional, por sus consejos y por ser un elemento fundamental para convertirme en la persona que soy. Gracias por sembrar en mí un carácter analítico, por enseñarme a cuestionar y siempre impulsarme a expandir mi conocimiento a través de la lectura y la reflexión. Gracias por nunca permitirme olvidar mis raíces y hacerme saber que mi hogar es donde está mi familia.*
- *A mis hermanos, Gerardo y Andrea, por todo su apoyo y por ser mis compañeros de vida. Gracias por sus aportaciones y por estar siempre para mí. En especial quiero agradecer a mi hermana Andrea, quien fue capacitada para el apoyo en este proyecto y fue parte fundamental en el vaciado de datos. Además, gracias a mi hermano Gerardo por su apoyo incondicional.*
- *A mis amigos de toda la vida, y a cada uno de esos nuevos amigos que se han ido sumando a esta aventura. Fer, Ale, Vicky, Emi, Santi, Cris, Upi, Nahid, Dali, Made, Cecy, Greissy, Cinthia, Josue, Gise, Tania, y ahora Bahar, Pablo, Sergio, Avi y Emilio, gracias por ser mis compañeros en el extranjero y hacer mi estancia una experiencia inolvidable.*
- *A la Dra. Claudia Llanes Cañedo por su apoyo en todo momento y por creer siempre en mis capacidades.*
- *A mis familiares por su constante apoyo y cariño hacia mí. Gracias a mis primos Ale y Miguel por estar cerca de mí y abrirme las puertas de su hogar en este país. También, gracias a Martha, por cuidar de mí desde pequeña.*
- *A todas aquellas personas que de una u otra manera me apoyaron, ayudaron e impulsaron a ser mejor cada día.*

# REFERENCIAS

## Referencias

- Abbate, E. B. (2015). Environmental impacts of food supply and obesogenic severity worldwide. *British Food Journal*, 117(12), 2863-2879. doi:10.1108/BFJ-12-2014-0404
- Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio [NASA]. (2021). *Sequía generalizada en México*. [https://ciencia.nasa.gov/sequia-generalizada-en-mexico?fbclid=IwAR03EyrjUZNenrcgXIsLaF4SKXfPbS4A5RE9Zs82DrWdy\\_ADZ0itDt5pbfc](https://ciencia.nasa.gov/sequia-generalizada-en-mexico?fbclid=IwAR03EyrjUZNenrcgXIsLaF4SKXfPbS4A5RE9Zs82DrWdy_ADZ0itDt5pbfc)
- Aguayo-Patrón, S. V., & Calderón de la Barca, A. M. (2017). Old fashioned vs. ultra-processed-based current diets: possible implication in the increased susceptibility to type 1 diabetes and celiac disease in childhood. *Foods*, 6(11), 100. 10.3390/foods6110100
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: a theory of planned behaviour. En J. Kuhl, & J. Beckman (Eds.), *Action Control: From Cognition to Behaviour* (pp. 11-39). Springer.
- Al-Assal, K., Martinez, A. C., Torrinas, R. S., Cardinelli, C., & Waitzberg, D. (2018). Gut microbiota and obesity. *Clinical Nutrition Experimental*, 20, 60-64. <https://doi.org/10.1016/j.yclnex.2018.03.001>
- Alatorre-Rodríguez, F. J. (2013). La Zona Metropolitana de Guadalajara: sus movimientos ciudadanos, tendencias y retos. En L. Becerra-Pozos & M. López-Menéndez (Eds.), *Precarización y cambios en las zonas metropolitanas de México*, 43-91. México, Red Mexicana de Investigadores (REMISOC) / Juan Pablos Editor. [https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/1430/Movimientos%20ZMG\\_Felipe%20Alatorre.pdf?sequence=2](https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/1430/Movimientos%20ZMG_Felipe%20Alatorre.pdf?sequence=2) Accessed 27 Jan 2021
- Albracht-Schulte, K., Islam, T., Johnson, P., & Moustaid-Moussa, N. (2021). Systematic review of beef protein effects on gut microbiota: implications for health. *Advances in Nutrition*, 12(1), 102-114. <https://doi.org/10.1093/advances/nmaa085>.
- Aldaya, M. M., Ibañez, F. C., Domínguez-Lacueva, P., Murillo-Arbizu, M. T., Rubio-Varas, M., Soret, B., & Beriain, M. J. (2021). Indicators and recommendations for assessing sustainable healthy diets. *Foods*, 10(5), 999. <https://doi.org/10.3390/foods10050999>
- Aleksandrowicz, L., Green, R., Joy, E. J., Smith, P., & Haines, A. (2016). The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health: A systematic review. *PloS One*, 11(11), 1-16. 10.1371/journal.pone.0165797
- Allen T., Prosperi, P., & Cogill, B. (2014). Metrics of sustainable diets and food systems. *Workshop Report. Bioversity International & CIHEAM-IAMM*. Montpellier, France. [www.bioversityinternational.org](http://www.bioversityinternational.org)
- Almaguer González, J. A., García Ramírez, H. J., Padilla Mirazo, M., & González Ferral, M. (2019). *La dieta de la milpa. Modelo de alimentación mesoamericana biocompatible*. Secretaría de Salud. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/98453/La\\_Dieta\\_de\\_la\\_Milpa.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/98453/La_Dieta_de_la_Milpa.pdf)
- Almaguer González, J. A., García Ramírez, H. J., Vargas Vite, V., & Padilla Mirazo, M. (2020). *Fortalecimiento de la salud con comida, ejercicio y buen humor: La dieta de la milpa. Modelo de alimentación mesoamericana saludable y culturalmente pertinente*. Secretaría de Salud.
- Aranceta Bartrina, J. (2013a). Educación nutricional y consejo dietético: estrategias y programas. En J. Aranceta Bartrina (Ed.), *Nutrición Comunitaria* (pp.185-197). Elsevier Masson.
- Aranceta Bartrina, J. (2013b). Nutrición Comunitaria. En J. Aranceta Bartrina (Ed.), *Nutrición Comunitaria* (pp.1-20). Elsevier Masson.
- Arreguin-Cortes F. I., & Cervantes-Jaimes C. E. (2020). Water security and sustainability in Mexico. En J. Raynal-Villasenor (Ed.), *Water resources of Mexico. World water resources*. (Vol. 6, pp. 177-195). Springer Nature. [https://doi-org.wdg.biblio.udg.mx:8443/10.1007/978-3-030-40686-8\\_10](https://doi-org.wdg.biblio.udg.mx:8443/10.1007/978-3-030-40686-8_10)
- Ashton, L. M., Sharkey, T., Whatnall, M. C., Williams, R. L., Bezzina, A., Aguiar, E. J., Collins, C. E., & Hutchesson, M. J. (2019). Effectiveness of interventions and behaviour change techniques for improving dietary intake in young adults: a systematic review and meta-analysis of RCTs. *Nutrients*, 11(825), 1-27. 10.3390/nu11040825
- Askari, M., Heshmati, J., Shahinfar, H., Tripathi, N., & Daneshzad, E. (2020). Ultra-processed food and the risk of overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *International Journal of Obesity*, 44, 2080-2091. <https://doi.org/10.1038/s41366-020-00650-z>
- Aslam, H., Marx, W., Rocks, T., Loughman, A., Chandrasekaran, V., Ruusunen, A., Dawson, S. L., West, M., Mullarkey, E., Pasco, J. A., & Jacka, F. N. (2020). The effects of dairy and dairy derivatives on the gut microbiota: A systematic literature review. *Gut Microbes*, 12(1), 1799533. <https://doi.org/10.1080/19490976.2020.1799533>
- Asnicar, F., Berry, S. E., Valdes, A. M., Nguyen, L. H., Piccinno, G., Drew, D. A., Leeming, E., Gibson, R., Le Roy, C., Al Khatib, H., Francis, L., Mazidi, M., Mompeo, O., Valles-Colomer, M., Tett, A., Beghini, F., Dubois, L., Bazzani, D., Maltez Thomas, A., Mirzayi, C., Khleborodova, A., Oh, S., Hine, R., Bonnett, C., Capdevila, J., Danzanvilliers, S., Giordano, F., Geistlinger, L., Waldron, L., Davies, R., Hadjigeorgiou, G., Wolf, J., Ordovás, J. M., Gardner, C., Franks, P. W., Chan, A. T., Huttenhower, C., Spector, T. D., & Segata, N. (2021). Microbiome connections with host metabolism and habitual diet from 1,098 deeply phenotyped individuals. *Nature Medicine*, 27(2), 321-332. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-01183-8>
- Asociación Médica Mundial [WMA]. (2017). Declaración de helsinki de la amm – principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Declaración de helsinki de la amm – principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
- Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado [AMAI]. (2018). *Niveles Socioeconómicos*. <https://nse.amai.org/>
- Atkins, L., & Michie, S. (2015). Designing interventions to change eating behaviours. *Proceedings of the Nutrition Society*, 74(2), 164-170. 10.1017/S0029665115000075
- Auestad, N., & Fulgoni III, V. L. (2015). What current literature tells us about sustainable diets: emerging research linking dietary patterns, environmental sustainability, and economics. *Advances in Nutrition*, 6(1), 19-36. 10.3945/an.114.005694.
- Avila-Nava, A., Noriega, L. G., Tovar, A. R., Granados, O., Perez-Cruz, C., Pedraza-Chaverri, J., & Torres, N. (2017). Food combination based on a pre-hispanic Mexican diet decreases metabolic and cognitive abnormalities and gut microbiota dysbiosis caused by a sucrose-enriched high-fat diet in rats. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(1), 1501023. 10.1002/mnfr.201501023

- Barilla Center for Food and Nutrition [BCFN]. (2016). *Double pyramid 2016. A more sustainable future depends on us*. Barilla Center for Food & Nutrition. <https://www.barillacfn.com/m/publications/doublepyramid2016moresustainable-future-depends-on-us.pdf>
- Barilla Foundation & Research Unit on Nutrition, Diabetes and Metabolism, University of Naples Federico II. (2021). *A one health approach to food. The double pyramid connecting food culture, health and climate*. <https://www.barillacfn.com/m/publications/a-one-health-approach-to-food1.pdf>
- Barling, D., Lang, T., & Caraher, M. (2009). *Food policy: integrating health, environment and society*. Oxford University Press.
- Belahsen, R. (2014). Nutrition transition and food sustainability. *Proceedings of the Nutrition Society*, 73(3), 385-388. <https://doi.org/10.1017/S0029665114000135>
- Belahsen, R. (2014). Nutrition transition and food sustainability. *Proceedings of the Nutrition Society*, 73(3), 385-388. <https://doi.org/10.1017/S0029665114000135>
- Beleigoli, A., Andrade, A. Q., Diniz, M. D. F., & Ribeiro, A. L. (2019). Weight loss and dietary behaviour change program delivered by web platform with and without dietitian online coaching compared to minimal intervention for adults with overweight and obesity in the community: the POEmaS randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, Preprint. <https://doi.org/10.2196/preprints.17494>
- Beltrán-Cortes, A. L., Martínez Moreno, A. G., Llanes Cañedo, C., Sánchez-Caballero, B., & López-Espinoza, A. (2019). Información visual del contenido de sacarosa de una bebida azucarada reduce su consumo. *Journal of Behavior, Health & Social Issues*, 11(1), 11-18. <http://dx.doi.org/10.22201/fesi.20070780.2019.11.1.75657>
- Betancourt-Nuñez, A., Márquez-Sandoval, F., González-Zapata, L. I., Babio, N., & Vizmanos, B. (2018). Unhealthy dietary patterns among healthcare professionals and students in Mexico. *BMC public health*, 18, 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-6153-7>
- Bianchetti, G., De Maio, F., Abeltino, A., Serantoni, C., Riente, A., Santarelli, G., ... & Maulucci, G. (2023). Unraveling the Gut Microbiome–Diet Connection: Exploring the Impact of Digital Precision and Personalized Nutrition on Microbiota Composition and Host Physiology. *Nutrients*, 15(18), 3931. <https://doi.org/10.3390/nu15183931>
- Bianchi, F., Aveyard, P., Astbury, N. M., Cook, B., Cartwright, E., & Jebb, S. A. (2019). Replacing meat with alternative plant-based products (RE-MAPs): protocol for a randomised controlled trial of a behavioural intervention to reduce meat consumption. *BMJ open*, 9(5), e027016. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-027016>
- Bianchi, F., Stewart, C., Astbury, N. M., Cook, B., Aveyard, P., & Jebb, S. A. (2022). Replacing meat with alternative plant-based products (RE-MAP): a randomized controlled trial of a multicomponent behavioral intervention to reduce meat consumption. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 115(5), 1357-1366. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab414>
- Blas, A., Garrido, A., & Willaarts, B. A. (2016). Evaluating the water footprint of the mediterranean and american diets. *Water*, 8(448), 1-14. <https://doi.org/10.3390/w8100448>
- Bodirsky, B. L., Dietrich, J. P., Martinelli, E., Stenstad, A., Pradhan, P., Gabrysch, S., Mishra, A., Weindl, I., Le Mouél, C., Rolinski, S., Baumstark, L., Wang, X., Waid, J. L., Lotze-Campen, H., & Popp, A. (2020). The ongoing nutrition transition thwarts long-term targets for food security, public health and environmental protection. *Scientific Reports*, 10(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75213-3>
- Bondonno, N. P., Davey, R. J., Murray, K., Radavelli-Bagatini, S., Bondonno, C. P., Blekkenhorst, L. C., ... & Hodgson, J. M. (2021). Associations between fruit intake and risk of diabetes in the AusDiab cohort. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 106(10), e4097-e4108. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgab335>
- Bonvecchio Arenas, A., Fernández-Graxiola, A. C., Plazas Belausteguigoitia, M., Kaufer-Horwitz, M., Pérez Lizauro, A. B., & Rivera Dommarco, J. A. (2015). *Guías alimentarias y de actividad física en contexto de sobrepeso y obesidad en la población mexicana: documento de Postura*. Intersistemas con autorización de la Académica Nacional de Medicina (ANM).
- Boyes, E., & Stanisstret, M. (2012). Environmental education for behaviour change: Which actions should be targeted?. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1591-1614. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.584079>
- Brain, K., Burrows, T. L., Rollo, M. E., Hayes, C., Hodson, F. J., & Collins, C. E. (2019). The effect of a pilot dietary intervention on pain outcomes in patients attending a tertiary pain service. *Nutrients*, 11(181), 1-23. <https://doi.org/10.3390/nu11010181>
- Brown, O. N., O'Connor, L. E., & Savaiano, D. (2014). Mobile MyPlate: a pilot study using text messaging to provide nutrition education and promote better dietary choices in college students. *Journal of American College Health*, 62(5), 320-327. <https://doi.org/10.1080/07448481.2014.899233>
- Burgess, E., Hassmén, P., Welvaert, M., & Pumpa, K. L. (2017). Behavioural treatment strategies improve adherence to lifestyle intervention programmes in adults with obesity: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Obesity*, 7(2), 105-114. <https://doi.org/10.1111/cob.12180>
- Cacau, L. T., De Carli, E., de Carvalho, A. M., Lotufo, P. A., Moreno, L. A., Bensenor, I. M., & Marchioni, D. M. (2021). Development and validation of an index based on EAT-Lancet recommendations: The Planetary Health Diet Index. *Nutrients*, 13(5), 1698. <https://doi.org/10.3390/nu13051698>
- Camacho, S., & Ruppel, A. (2017). Is the calorie concept a real solution to the obesity epidemic? *Global Health Action*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/16549716.2017.1289650>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2010). Ley federal de protección de datos personales en posesión de los particulares. *Secretaría de Servicios Parlamentarios*. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPDPPP.pdf>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2014). *Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud. Última reforma publicada DOF 02-04-2014*. [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LGS\\_MIS.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf)
- Campirano, F., López-Olmedo, N., Ramírez-Palacios, P., & Salmerón, J. (2023). Sustainable dietary score: Methodology for its assessment in Mexico based on EAT-Lancet recommendations. *Nutrients*, 15(4), 1017. <https://doi.org/10.3390/nu15041017>
- Campirano, F., López-Olmedo, N., Ramírez-Palacios, P., & Salmerón, J. (2023). Sustainable dietary score: Methodology for its assessment in Mexico based on EAT-Lancet recommendations. *Nutrients*, 15(4), 1017. <https://doi.org/10.3390/nu15041017>
- Campos-Nonato, I., Hernandez, L., & Barquera, S. (2017). Effect of a high-protein diet versus standard-protein diet on weight loss and biomarkers of metabolic syndrome: A randomized clinical trial. *Obesity Facts*, 10(3), 238-251. <https://doi.org/10.1159/000471485>

- Carey, C. N., Paquette, M., Sahye-Pudaruth, S., Dadvar, A., Dinh, D., Khodabandehlou, K., ... & Jenkins, D. J. (2023). The Environmental Sustainability of Plant-Based Dietary Patterns: A Scoping Review. *The Journal of Nutrition*, 153(3), 857-869. <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2023.02.001>
- Chávez-Carbajal, A., Nirmalkar, K., Pérez-Lizaur, A., Hernández-Quiroz, F., Ramírez-del-Alto, S., García-Mena, J., & Hernández-Guerrero, C. (2019). Gut microbiota and predicted metabolic pathways in a sample of Mexican women affected by obesity and obesity plus metabolic syndrome. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(438), 1-18. 10.3390/ijms20020438
- Chen, C., Chaudhary, A., & Mathys, A. (2019). Dietary change scenarios and implications for environmental, nutrition, human health and economic dimensions of food sustainability. *Nutrients*, 11(4), 856. 10.3390/nu11040856
- Childs, C. E., Calder, P. C., & Miles, E. A. (2019). Diet and immune function. *Nutrients*, 11(1933), 1-9. 10.3390/nu11081933
- Cincera, J., & Krajhanzl, J. (2013). Eco-Schools: what factors influence pupils' action competence for pro-environmental behaviour?. *Journal of Cleaner Production*, 61, 117-121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.030>
- Clark, M. A., Springmann, M., Hill, J., & Tilman, D. (2019). Multiple health and environmental impacts of foods. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(46), 23357-23362. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1906908116](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1906908116)
- Clayton, S., & Brook, A. (2005). Can psychology help save the world? A model for conservation psychology. *Analyses of Social Issues and Public Policy*, 5(1), 87-102. <https://psycnet.apa.org/record/2005-15049-005>
- Clonan, A., & Holdsworth, M. (2012). The challenges of eating a healthy and sustainable diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 96(3), 459-460. 10.3945/ajcn.112.044487.
- Comisión Nacional de Bioética [Conbioética]. (1997). *Convenio de Asturias de Bioética*. [http://www.conbioeticamexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/4.\\_INTL.Conv\\_Asturias\\_de\\_Bioetica.pdf](http://www.conbioeticamexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/4._INTL.Conv_Asturias_de_Bioetica.pdf)
- Comisión Nacional de Bioética [Conbioética]. (2004). *Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial*. [http://www.conbioeticamexico.Salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/9.\\_INTL.\\_Declaracion\\_de\\_HELSINKI.pdf](http://www.conbioeticamexico.Salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/9._INTL._Declaracion_de_HELSINKI.pdf)
- Comisión Nacional de Bioética [Conbioética]. (2005). *Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos 19 de octubre de 2005*. [http://www.conbioeticamexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/6.\\_INTL.\\_Dec.\\_Univ\\_ersal\\_Bioetica\\_y\\_Der\\_Humanos.pdf](http://www.conbioeticamexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/6._INTL._Dec._Univ_ersal_Bioetica_y_Der_Humanos.pdf)
- Comisión Nacional de Bioética [Conbioética]. (2018a). *Buenas prácticas clínicas*. [http://www.conbioeticamexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/1.INTL.\\_Buenas\\_Pr\\_xcticas\\_Clxnicas.pdf](http://www.conbioeticamexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/1.INTL._Buenas_Pr_xcticas_Clxnicas.pdf)
- Comisión Nacional de Bioética [Conbioética]. (2018b). *Código de Nuremberg*. [http://www.conbioeticamexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/2.INTL.\\_Cod\\_Nuremberg.pdf](http://www.conbioeticamexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/2.INTL._Cod_Nuremberg.pdf)
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2015). *Aguas subterráneas. Disponibilidad por acuífero*. <http://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Edos/jalisco/jalisco.html>
- Contento, I. R. (2008). Nutrition education: linking research, theory, and practice. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17(1), 176-179. <http://apjcn.nhri.org.tw/server/APJCN/17%20Suppl%201//176.pdf>
- Corral-Verdugo, V., Aguilar-Luzón, M. C., & Hernández, B. (2019). Bases teóricas que guían a la psicología de la conservación ambiental. *Papeles del Psicólogo*, 1-8. <https://doi.org/10.23923/pap.psicol2019.2897>
- Cotillard, A., Kennedy, S. P., Kong, L. C., Prifti, E., Pons, N., Chatelier, E. L., Almeida, M., Quinbis, B., Levenez, F., Galleron, N., Gougis, S., Rizkalla, S., Batto, J. M., Renault, P., ANR MicroObes consortium, Dore, J., Zucker, J. D., Clément, K., & Ehrlich, S. D. (2013). Dietary intervention impact on gut microbial gene richness. *Nature*, 500(7464), 585-588. 10.1038/nature12480
- Coughlin, S. S., Whitehead, M., Sheats, J. Q., Mastromonico, J., Hardy, D., & Smith, S. A. (2015). Smartphone applications for promoting healthy diet and nutrition: A literature review. *Jacobs Journal of Food and Nutrition*, 2(3), 1-15. [https://www.researchgate.net/publication/292153499\\_Smartphone\\_Applications\\_for\\_Promoting\\_Healthy\\_Diet\\_and\\_Nutrition\\_A\\_Literature\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/292153499_Smartphone_Applications_for_Promoting_Healthy_Diet_and_Nutrition_A_Literature_Review)
- Dahm, M. J., Samonté, A. V., & Shows, A. R. (2009). Organic foods: Do eco-friendly attitudes predict eco-friendly behaviors? *Journal of American College Health*, 58(3), 195-202. 10.1080/07448480903295292
- Dao, M. C., Everard, A., Aron-Wisniewsky, J., Sokolovska, N., Prifti, E., Verger, E. O., Kayser, B. D., Levenez, F., Chilloux, J., Hoyles, L., MICRO-Obes Consortium, Dumas, M. E., Rizkalla, S. W., Doré, J., Cani, P. D., & Clément, K. (2016). Akkermansia muciniphila and improved metabolic health during a dietary intervention in obesity: Relationship with gut microbiome richness and ecology. *Gut*, 65(3), 426-436. 10.1136/gutjnl-2014-308778
- Darmon, N., & Drewnowski, A. (2008). Does social class predict diet quality?. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87(5), 1107-1117. <https://doi.org/10.1093/ajcn/87.5.1107>
- David, L. A., Maurice, C. F., Carmody, R. N., Gootenberg, D. B., Button, J. E., Wolfe, B. E., ... & Turnbaugh, P. J. (2014). Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature*, 505(7484), 559-563. <https://doi.org/10.1038/nature12820>
- Davis, J. N., Keeney, L. J., & Ramsay, S. A. (2017). The obesogenic environment in Guadalajara, Mexico: using the nutritional socioecological model to identify supportive and unsupportive factors influencing child weight. *The Digest*, 52(2), 1-11. [https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/THEACADEMY/2bdfb2aa-f0d3-42c1-a7f3-d8b2e6b972d4/UploadedImages/RDPG/Documents/Members\\_Only/Digest\\_Archive/Articles/The\\_Obesogenic\\_Environment\\_in\\_Guadalajara\\_Article.pdf](https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/THEACADEMY/2bdfb2aa-f0d3-42c1-a7f3-d8b2e6b972d4/UploadedImages/RDPG/Documents/Members_Only/Digest_Archive/Articles/The_Obesogenic_Environment_in_Guadalajara_Article.pdf)
- De Angelis, M., Ferrocino, I., Calabrese, F. M., De Filippis, F., Cavallo, N., Siragusa, S., Rampelli, S., Di Cagno, R., Rantsiou, K., Vannini, L., Pellegrini, N., Lazzi, C., Turrioni, S., Lorusso, N., Ventura, M., Chieppa, M., Neviani, E., Brigidi, P., O'Toole, P. W., Ercolini, D., Gobbetti, M., & Cocolin, L. (2020). Diet influences the functions of the human intestinal microbiome. *Scientific Reports*, 10(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61192-y>
- De Castro, J. M. (2000). Eating behavior: lessons from the real world of humans. *Nutrition*, 16(10), 800-813. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(00\)00414-7](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(00)00414-7)
- De Filippis, F., Pellegrini, N., Vannini, L., Jeffery, I. B., La Storia, A., Laghi, L., Serrazanetti, D. I., Cagno, R. D., Ferrocino, I., Lazzi, C., Turrioni, S., Cocolin, L., Brigidi, P., Neviani, E., Gobbetti, M., W O'Toole, P., & Ercolini, D. (2016). High-level adherence to a Mediterranean diet beneficially impacts the gut microbiota and associated metabolome. *Gut*, 65(11), 1812-1821. 10.1136/gutjnl-2015-309957

- De Gregoris, T. B., Aldred, N., Clare, A. S., & Burgess, J. G. (2011). Improvement of phylum-and class-specific primers for real-time PCR quantification of bacterial taxa. *Journal of Microbiological Methods*, 86(3), 351-356. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2011.06.010>
- De Paola, P. F., Paglialonga, A., Palumbo, P., Keshavjee, K., Dabbene, F., & Borri, A. (2023). The long-term effects of physical activity on blood glucose regulation: a model to unravel diabetes progression. *IEEE Control Systems Letters*, 7, 10.1109/LCSYS.2023.3290774
- Denova-Gutiérrez, E., Tucker, K. L., Salmerón, J., Flores, M., & Barquera, S. (2016). Relative validity of a food frequency questionnaire to identify dietary patterns in an adult Mexican population. *Salud Pública de México*, 58, 608–616. 10.21149/spm.v58i6.7842
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA]. (2021). *My plate*. <https://www.myplate.gov/>
- Derbyshire, E. J. (2017). Flexitarian diets and health: A review of the evidence-based literature. *Frontiers in Nutrition*, 3(55), 1-8. 10.3389/fnut.2016.00055
- Desroches, S., Lapointe, A., Ratte, S., Gravel, K., Legare, F., & Turcotte, S. (2013). Interventions to enhance adherence to dietary advice for preventing and managing chronic diseases in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2(CD008722), 1-140. 10.1002/14651858.CD008722.pub2.
- Dhar, D., & Mohanty, A. (2020). Gut microbiota and Covid-19- possible link and implications. *Virus Research*, 285(198018), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198018>
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (13 de julio de 2012). Norma Oficial Mexicana NOM-037-SSA2-2012, Para la prevención, tratamiento y control de las dislipidemias. *Secretaría de Salud*. [https://hgm.salud.gob.mx/descargas/pdf/dirgral/marco\\_juridico/normas/nom\\_14.pdf](https://hgm.salud.gob.mx/descargas/pdf/dirgral/marco_juridico/normas/nom_14.pdf)
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (22 de enero de 2013a). Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. *Secretaría de Salud*. <http://dif.slp.gob.mx/descargas/normatividad/NOM-043-2012.pdf>
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (23 de noviembre de 2010a). Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus. *Secretaría de Salud*. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5259329&fecha=13/07/2012](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5259329&fecha=13/07/2012)
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (31 de mayo de 2010b). Norma Oficial Mexicana NOM-030-SSA2-2009, Para la prevención, detección, diagnóstico, tratamiento y control de la hipertensión arterial sistémica. *Secretaría de Salud*. <https://www.cndh.org.mx/DocTR/2016/JUR/A70/01/JUR-20170331-NOR21.pdf>
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (4 de enero de 2013b). Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos. *Secretaría de Salud*. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013)
- DiFilippo, K. N., Huang, W. H., Andrade, J. E., & Chapman-Novakofski, K. M. (2015). The use of mobile apps to improve nutrition outcomes: a systematic literature review. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 21(5), 243-253. <https://doi.org/10.1177/1357633X15572203>
- Dominika, Ś., Arjan, N., Karyn, R. P., & Henryk, K. (2011). The study on the impact of glyated pea proteins on human intestinal bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 145(1), 267–272. 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.01.002
- Duthie, S. J., Duthie, G. G., Russell, W. R., Kyle, J. A., Macdiarmid, J. I., Rungapamestry, V., Stephen, S., Megias-Baeza, C., Kaniewska, J. J., Shaw, L., Milne, L., Bremner, D., Ross, K., Morrice, P., Pirie, L. P., Horgan, G., & Bestwick, C. S. (2018). Effect of increasing fruit and vegetable intake by dietary intervention on nutritional biomarkers and attitudes to dietary change: a randomised trial. *European Journal of Nutrition*, 57(5), 1855-1872. <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1469-0>
- Eini-Zinab, H., Sobhani, S. R., & Rezazadeh, A. (2021). Designing a healthy, low-cost and environmentally sustainable food basket: an optimisation study. *Public Health Nutrition*, 24(7), 1952-1961. 10.1017/S1368980020003729
- Eme, P. E., Douwes, J., Kim, N., Foliaki, S., & Burlingame, B. (2019). Review of methodologies for assessing sustainable diets and potential for development of harmonised indicators. *International journal of environmental research and public health*, 16(7), 1184. doi:10.3390/ijerph16071184
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición [ENSANUT]. (2018). *Presentación de resultados*. [https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut\\_2018\\_presentacion\\_resultados.pdf](https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_presentacion_resultados.pdf)
- Eslami, S., Taherzadeh, Z., Schultz, M. J., & Abu-Hanna, A. (2011). Glucose variability measures and their effect on mortality: a systematic review. *Intensive care medicine*, 37, 583-593. <https://doi.org/10.1007/s00134-010-2129-5>
- Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1), 163–176. 10.4067/s0718-07642012000100017
- Eustachio Colombo, P., Elinder, L. S., Nykänen, E. P. A., Patterson, E., Lindroos, A. K., & Parlesak, A. (2023). Developing a novel optimisation approach for keeping heterogeneous diets healthy and within planetary boundaries for climate change. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41430-023-01368-7>
- Fatima, S. S., Rehman, R., & Chaudhry, B. (2014). Body Mass Index or body fat! Which is a better obesity scale for Pakistani population? *Journal of the Pakistan Medical Association*, 64(11), 1225-1228. <http://jpma.org.pk/PdfDownload/7062.pdf>
- Feng, Z., Long, W., Hao, B., Ding, D., Ma, X., Zhao, L., & Pang, X. (2017). A human stool-derived *Bilophila wadsworthia* strain caused systemic inflammation in specific-pathogen-free mice. *Gut pathogens*, 9, 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13099-017-0208-7>
- Ferrara, G., Kim, J., Lin, S., Hua, J., & Seto, E. (2019). A focused review of smartphone diet-tracking apps: usability, functionality, coherence with behavior change theory, and comparative validity of nutrient intake and energy estimates. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(5), e9232. 10.2196/mhealth.9232
- Ferraz, I., Ladeia, A. M., Goés, P., Olivieri, L., Lima, M. L., & Costa, G. A. (2013). Calorie and nutrient intake in obese women with low-income. *Journal of Endocrinology and Metabolism*, 3(4), 81-90. <http://dx.doi.org/10.4021/jem174e>
- Fink, L., Strassner, C., & Ploeger, A. (2021). Exploring external factors affecting the intention-behavior gap when trying to adopt a sustainable diet: a think aloud study. *Frontiers in Nutrition*, 8, 511412. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.511412>
- Fischer, G. C., & Garnett, T. (2016). *Plates, pyramids, planet. Developments in national healthy and sustainable dietary guidelines: a state of play assessment*. Food and Agriculture Organization of the United Nations and The Food Climate Research Network at The University of Oxford. [https://www.researchgate.net/publication/303712683\\_Plates\\_pyramids\\_planet\\_Developments\\_in\\_national\\_health\\_y\\_and\\_sustainable\\_dietary\\_guidelines\\_a\\_state\\_of\\_play\\_assessment](https://www.researchgate.net/publication/303712683_Plates_pyramids_planet_Developments_in_national_health_y_and_sustainable_dietary_guidelines_a_state_of_play_assessment)



- Fransen, H. P., May, A. M., Stricker, M. D., Boer, J. M., Hennig, C., Rosseel, Y., ... & Beulens, J. W. (2014). A posteriori dietary patterns: how many patterns to retain?. *The Journal of nutrition*, 144(8), 1274-1282. <https://doi.org/10.3945/jn.113.188680>
- Freepik. (2022). Avión. [https://www.freepik.es/vector-gratis/diferentes-vistas-avion\\_12290975.htm#query=avion%20dibujo&position=38&from\\_view=search&track=sph](https://www.freepik.es/vector-gratis/diferentes-vistas-avion_12290975.htm#query=avion%20dibujo&position=38&from_view=search&track=sph) Imagen de pch.vector en Freepik
- Freepik. (2022). Montaña con agua. Recuperado de: [https://www.freepik.es/vector-gratis/hermoso-paisaje-isla-natural\\_2439962.htm#query=monta%C3%B1a%20con%20agua&position=14&from\\_view=search&track=sph](https://www.freepik.es/vector-gratis/hermoso-paisaje-isla-natural_2439962.htm#query=monta%C3%B1a%20con%20agua&position=14&from_view=search&track=sph) Imagen de brgfx en Freepik
- Fresán, U., & Sabaté, J. (2019). Vegetarian diets: planetary health and its alignment with human health. *Advances in Nutrition*, 10(4), S380-S388. <https://doi.org/10.1093/advances/nmz019>.
- Fresán, U., Bernard, P., Fabregues, S., Boronat, A., Araújo-Soares, V., König, L. M., & Chevance, G. (2023). A Smartphone Intervention to Promote a Sustainable Healthy Diet: Protocol for a Pilot Study. *JMIR Research Protocols*, 12(1), e41443. <https://doi.org/10.2196/41443>
- Fresán, U., Boronat, A., Mitsia, G., Bes-Rastrollo, M., Zazpe, I., De la Torre, R., & Chevance, G. (2023). Validity of REFRESH, a New Screener for Assessing Environmentally Sustainable and Healthy Diets. *Proceedings*, 91, 14. <https://doi.org/10.3390/proceedings2023091014>
- Fresán, U., Craig, W. J., Martínez-González, M. A., & Bes-Rastrollo, M. (2020). Nutritional quality and health effects of low environmental impact diets: The "Seguimiento Universidad de Navarra" (SUN) Cohort. *Nutrients*, 12(8), 2385. <https://doi.org/10.3390/nu12082385>
- Fresán, U., Martínez-Gonzalez, M. A., Sabaté, J., & Bes-Rastrollo, M. (2018). The Mediterranean diet, an environmentally friendly option: evidence from the Seguimiento Universidad de Navarra (SUN) cohort. *Public Health Nutrition*, 21(8), 1573-1582. <https://doi.org/10.1017/S1368980017003986>
- Friis, R., Skov, L. R., Olsen, A., Appleton, K. M., Saulais, L., Dinnella, C., Hartwell, H., Depezay, L., Monteleone, E., Giboreau, A., & Perez-Cueto, F. J. (2017). Comparison of three nudge interventions (priming, default option, and perceived variety) to promote vegetable consumption in a self-service buffet setting. *PloS One*, 12(5), 1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176028>
- Furet, J. P., Quéneé, P., & Tailliez, P. (2004). Molecular quantification of lactic acid bacteria in fermented milk products using real-time quantitative PCR. *International Journal of Food Microbiology*, 97(2), 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.04.020>
- Gabrielli, S., Dianti, M., Maimone, R., Betta, M., Filippi, L., Ghezzi, M., & Forti, S. (2017). Design of a mobile app for nutrition education (TreC-LifeStyle) and formative evaluation with families of overweight children. *JMIR mHealth and uHealth*, 5(4), e48. <https://doi.org/10.2196/mhealth.7080>
- Galli, A., Pires, S. M., Iha, K., Alves, A. A., Lin, D., Mancini, M. S., & Teles, F. (2020). Sustainable food transition in Portugal: Assessing the footprint of dietary choices and gaps in national and local food policies. *Science of The Total Environment*, 749(141307), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141307>
- Galobardes, B., Morabia, A., & Bernstein, M. S. (2001). Diet and socioeconomic position: does the use of different indicators matter?. *International Journal of Epidemiology*, 30(2), 334-340. <https://doi.org/10.1093/ije/30.2.334>
- Gálvez Mariscal, A., & Peña Montes, C. (2015). Revaloración de la dieta tradicional mexicana: Una visión interdisciplinaria. *Revista Digital Universitaria*, 16(5), 1-17. <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num5/art33/>
- Gan, Z. H., Cheong, H. C., Tu, Y. K., & Kuo, P. H. (2021). Association between plant-based dietary patterns and risk of cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Nutrients*, 13(11), 3952. <https://doi.org/10.3390/nu13113952>
- Gazan, R., Brouzes, C. M., Vieux, F., Maillot, M., Lluch, A., & Darmon, N. (2018). Mathematical optimization to explore tomorrow's sustainable diets: a narrative review. *Advances in Nutrition*, 9(5), 602-616. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy049>
- Geiker, N. R. W., Bertram, H. C., Mejbom, H., Dragsted, L. O., Kristensen, L., Carrascal, J. R., Bügel, S., & Astrup, A. (2021). Meat and human health—current knowledge and research gaps. *Foods*, 10(7), 1556. <https://doi.org/10.3390/foods10071556>
- Germani, A., Vitiello, V., Giusti, A. M., Pinto, A., Donini, L. M., & del Balzo, V. (2014). Environmental and economic sustainability of the Mediterranean Diet. *International journal of food sciences and nutrition*, 65(8), 1008-1012. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.945152>
- Gialeli, M., Troumbis, A. Y., Giaginis, C., Papadopoulou, S. K., Antoniadis, I., & Vasios, G. K. (2023). The Global Growth of 'Sustainable Diet' during Recent Decades, a Bibliometric Analysis. *Sustainability*, 15(15), 11957. <https://doi.org/10.3390/su151511957>
- Gibbs, J., Gaskin, E., Ji, C., Miller, M. A., & Cappuccio, F. P. (2021). The effect of plant-based dietary patterns on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of controlled intervention trials. *Journal of Hypertension*, 39(1), 23-37. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002604>
- Gibson, A. A., & Sainsbury, A. (2017). Strategies to improve adherence to dietary weight loss interventions in research and real-world settings. *Behavioral Sciences*, 7(3), 44. <https://doi.org/10.3390/bs7030044>
- Gila-Díaz, A., Arribas, S. M., López de Pablo, Á. L., López-Giménez, M. R., Phuthong, S., & Ramiro-Cortijo, D. (2020). Development and validation of a questionnaire to assess adherence to the healthy food pyramid in Spanish adults. *Nutrients*, 12(1656), 1-14. <https://doi.org/10.3390/nu12061656>
- Giuliani, N. R., Merchant, J. S., Cosme, D., & Berkman, E. T. (2018). Neural predictors of eating behavior and dietary change. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1428(1), 208-220. <https://doi.org/10.1111/nyas.13637>
- Godinez Madrigal, J., Zaag, P. V. D., & Cauwenbergh, N. V. (2018). A half-baked solution: drivers of water crises in Mexico. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 376, 57-62. <https://doi.org/10.5194/piahs-376-57-2018>, 2018.
- Gómez-Reyes, E., & Barrera Romero, S. R. (2016). Probióticos y prebióticos. En A. López-Espinoza & A. G. Martínez Moreno (Eds.), *La educación en alimentación y nutrición* (pp. 138-149). McGraw Hill.
- Grasso, A. C., Olthof, M. R., van Dooren, C., Roca, M., Gili, M., Visser, M., Cabout, M., Bot, M., Penninx, B. W. J. H., van Grootheest, G., Kohls, E., Hegerl, U., Owens, M., Watkins, E., & Brouwer, I. A. (2020). Effect of food-related behavioral activation therapy on food intake and the environmental impact of the diet: Results from the MooDFOOD prevention trial. *European Journal of Nutrition*, 59(6), 2579-2591. <https://doi.org/10.1007/s00394-019-02106-1>

- Green, R. F., Joy, E. J., Harris, F., Agrawal, S., Aleksandrowicz, L., Hillier, J., Macdiarmide, J. I., Milner, J., Vetter, S. H., Smith, P., Haines, A., & Dangour, A. D. (2018). Greenhouse gas emissions and water footprints of typical dietary patterns in India. *Science of the Total Environment*, 643, 1411-1418. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.258>
- Gund Nadine, A. (2014). Re: *What are Y, M, W and D in primer design?*. [https://www.researchgate.net/post/What\\_are\\_Y\\_M\\_W\\_and\\_D\\_in\\_primer\\_design/538c1577d11b8ba27a8b45df/citati-on/download](https://www.researchgate.net/post/What_are_Y_M_W_and_D_in_primer_design/538c1577d11b8ba27a8b45df/citati-on/download).
- Gussow, J. D. (1999). Dietary guidelines for sustainability: Twelve years later. *Journal of Nutrition Education*, 31(4), 194-200. [10.1016/S0022-3182\(99\)70441-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3182(99)70441-3)
- Gussow, J. D., & Clancy, K. L. (1986). Dietary guidelines for sustainability. *Journal of Nutrition Education*, 18, 1-4. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US881472388>
- Gustafson, D., Gutman, A., Leet, W., Drewnowski, A., Fanzo, J., & Ingram, J. (2016). Seven food system metrics of sustainable nutrition security. *Sustainability*, 8(3), 196. [10.3390/su8030196](https://doi.org/10.3390/su8030196)
- Guzmán, F. (7 de mayo 2013). La dieta tradicional mexicana, clave contra la mala nutrición. *Gaceta del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Autónoma de México (UNAM)*. [https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013\\_284.html](https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_284.html)
- Hachem, F., Vanham, D., & Moreno, L. A. (2020). Territorial and sustainable healthy diets. *Food and Nutrition Bulletin*, 41(2), 87S-103S. [10.1177/0379572120976253](https://doi.org/10.1177/0379572120976253)
- Harris, F., Moss, C., Joy, E. J., Quinn, R., Scheelbeek, P. F., Dangour, A., & Green, R. (2019). The water footprint of diets: A global systematic review and meta-analysis. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 11(2), 375-386. <https://doi.org/10.1093/advances/nmz091>
- Harris, P. (2005). *Dietary acculturation and obesity risk in Mexican women in Memphis* [Tesis doctoral, University of Memphis].
- Harvie, R., Chanyi, R. M., Burton, J. P., & Schultz, M. (2017). Using the human gastrointestinal microbiome to personalize nutrition advice: Are registered dietitian nutritionists ready for the opportunities and challenges?. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 117(12), 1865-1869. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jand.2016.10.020>
- Hawkes C. (2013). *Promoting healthy diets through nutrition education and changes in the food environment: an international review of actions and their effectiveness*. Rome: Nutrition Education and Consumer Awareness Group, Food and Agriculture Organization of the United Nations. [www.fao.org/ag/humannutrition/nutritioneducation/69725/en/](http://www.fao.org/ag/humannutrition/nutritioneducation/69725/en/)
- Hedin, B., Katzeff, C., Eriksson, E., & Pargman, D. (2019). A systematic review of digital behaviour change interventions for more sustainable food consumption. *Sustainability*, 11(2638), 1-23. [10.3390/su11092638](https://doi.org/10.3390/su11092638)
- Hentges, D. J., Maier, B. R., Burton, G. C., Flynn, M. A., & Tsutakawa, R. K. (1977). Effect of a high-beef diet on the fecal bacterial flora of humans. *Cancer Research*, 37(2), 568-571. <https://cancerres.aacrjournals.org/content/37/2/568.full.pdf>
- Hernández-Alcaraz, C., Shamah-Levy, T., Romero-Martínez, M., Sepúlveda-Amor, J., Aguilar-Salinas, C. A., Rivera-Dommarco, J., Kershnerobich-Stalnikowitz, D., Hernández-Ávila, M., & Barquera, S. (2020). Submuestra para el análisis de enfermedades crónicas con biomarcadores, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2016. *Salud Pública de México*, 62(5), 504-510. <https://doi.org/10.21149/11306>
- Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M. C., Thornton, P. K., Blümmel, M., Weiss, F., Grace, D., & Obersteiner, M. (2013). Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52), 20888-20893. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1308149110](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1308149110)
- Hickl, O., Heintz-Buschart, A., Trautwein-Schult, A., Herczeg, R., Bork, P., Wilmes, P., & Becher, D. (2019). Sample preservation and storage significantly impact taxonomic and functional profiles in metaproteomics studies of the human gut microbiome. *Microorganisms*, 7(367), 1-13. [10.3390/microorganisms7090367](https://doi.org/10.3390/microorganisms7090367)
- Hiel, S., Bindels, L. B., Pachikian, B. D., Kalala, G., Broers, V., Zamariola, G., ... & Delzenne, N. M. (2019). Effects of a diet based on inulin-rich vegetables on gut health and nutritional behavior in healthy humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 109(6), 1683-1695. [10.1093/ajcn/nqz001](https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz001)
- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., Djalante, R., Ebi, K. L., Engelbrecht, F., Guiot, J., Hijioka, Y., Mehrotra, S., Payne, A., Seneviratne, S. I., Thomas, A., Warren, R., & Zhou, G. (2018). Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. En V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (Eds.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* (pp. 175-312). IPCC. In Press.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Londres: Earthscan. [https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual\\_2.pdf](https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf)
- Hoogland, C. T., de Boer, J., & Boersema, J. J. (2007). Food and sustainability: Do consumers recognize, understand and value on-package information on production standards?. *Appetite*, 49(1), 47-57. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2006.11.009>
- Housni, F. E., Lares-Michel, M., González-Flores, J. J., Ortigoza-Pantoja, K. N., & Bracamontes-del Toro, H. (2020). Dietary intake, adequacy of energy and nutrients in older working people. *Journal of Behavior, Health & Social Issues*, 11(1), 39-48. <https://doi.org/10.22201/fesi.20070780.2019.11.1.75653>
- Howarth, N. C., Huang, T. T., Roberts, S. B., Lin, B. H., & McCrory, M. A. (2007). Eating patterns and dietary composition in relation to BMI in younger and older adults. *International journal of obesity*, 31(4), 675-684. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803456>
- Huang, T. T. K., Roberts, S. B., Howarth, N. C., & McCrory, M. A. (2005). Effect of screening out implausible energy intake reports on relationships between diet and BMI. *Obesity research*, 13(7), 1205-1217. <https://doi.org/10.1038/oby.2005.143>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2011). *Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones (SINCO) 2011*. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/aspectosmetodologicos/clasificadorescatalogos/sinco.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2022). *Consulta de Precios Promedio*. <https://www.inegi.org.mx/app/preciospromedio/?bs=18>

- International Physical Activity Questionnaire [IPAQ]. (2016). IPAQ scoring protocol. [https://sites.google.com/site/theipaq/scoringprotocol?fbclid=IwAR3vq2QLWY8jBSHqj\\_t7P0jAsrFx3Af3\\_1FeDSJ2ruwYs0CCQerGWJqvipEE](https://sites.google.com/site/theipaq/scoringprotocol?fbclid=IwAR3vq2QLWY8jBSHqj_t7P0jAsrFx3Af3_1FeDSJ2ruwYs0CCQerGWJqvipEE)
- Jackson, C., Eliasson, L., Barber, N., & Weinman, J. (2014). Applying COM-B to medication adherence: A suggested framework for research and interventions. *European Health Psychologist*, 16(1), 7-17. <https://atlantishealthcare.com/AtlantisHealthcare/media/pdf/Jackson-et-al2014.pdf>
- Jamar, G., Santamarina, A. B., Dias, G. C., Masquio, D. C. L., de Rosso, V. V., & Pisani, L. P. (2018). Relationship between fatty acids intake and Clostridium coccoides in obese individuals with metabolic syndrome. *Food Research International*, 113, 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.002>
- Jarmul, S., Dangour, A. D., Green, R., Liew, Z., Haines, A., & Scheelbeek, P. F. (2020). Climate change mitigation through dietary change: A systematic review of empirical and modelling studies on the environmental footprints and health effects of 'sustainable diets'. *Environmental Research Letters*, 15(123014), 1-48. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc2f7>
- Johnson, R. J., Perez-Pozo, S. E., Sautin, Y. Y., Manitius, J., Sanchez-Lozada, L. G., Feig, D. I., ... & Nakagawa, T. (2009). Hypothesis: could excessive fructose intake and uric acid cause type 2 diabetes?. *Endocrine Reviews*, 30(1), 96-116. <https://doi.org/10.1210/er.2008-0033>
- Johnston, J. L., Fanzo, J. C., & Cogill, B. (2014). Understanding sustainable diets: A descriptive analysis of the determinants and processes that influence diets and their impact on health, food security, and environmental sustainability. *Advances in Nutrition*, 5, 418-429. 10.3945/an.113.005553.
- Kahleova H, Tura A, Hill M, et al. (2018) A Plant-Based Dietary Intervention Improves Beta-Cell Function and Insulin Resistance in Overweight Adults: A 16-Week Randomized Clinical Trial. *Nutrients* 10, 189. 10.3390/nu10020189.
- Karmalkar, A. V., Bradley, R. S., & Diaz, H. F. (2011). Climate change in Central America and Mexico: Regional climate model validation and climate change projections. *Climate Dynamics*, 37(3), 605-629. 10.1007/s00382-011-1099-9
- Kazdin, A. E. (2000). *Modificación de la conducta y sus aplicaciones prácticas*. Segunda Edición. México: Manual Moderno.
- Keim, M. E. (2021). Climate related-disasters: The role of prevention for managing health risk. En J. Lemery, K. Knowlton, & C. Sorenson (Eds.), *Global climate change and human health: from science to practice* (pp. 1-24). John Wiley & Sons. <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=JDAnEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=climate+change+consequences+2021&ots=N8zgm18h6Z&sig=k6NclMgKFZFhUleXfXcBUWYmYXE#v=onepage&q=climate%20change%20consequences%202021&f=false>
- Klaniecki, K., Wuropulos, K., & Persson Hager, C. (2016). Behaviour change for sustainable development. En W. Leal Filho (Ed), *Encyclopedia of Sustainability in Higher Education* (pp. 1-10). Springer Nature Switzerland AG. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-63951-2\\_161-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-63951-2_161-1)
- Kovatcheva-Datchary, P., Tremaroli, V., & Bäckhed, F. (2013). The gut microbiota. En E. Rosenberg et al. (Eds.), *The Prokaryotes – Human Microbiology* (pp. 3-24). 10.1007/978-3-642-30144-5\_87.
- Lacey, K., & Pritchett, E. (2003). Nutrition care process and model: ADA adopts road map to quality care and outcomes management. *Journal of the American Dietetic Association*, 103(8), 1061-1072. 10.1016/s0002-8223(03)00971-4
- Laguzzi, F., Åkesson, A., Marklund, M., Qian, F., Gigante, B., Bartz, T. M., ... & Fatty Acids and Outcomes Research Consortium (FORCE). (2024). Role of Polyunsaturated Fat in Modifying Cardiovascular Risk Associated With Family History of Cardiovascular Disease: Pooled De Novo Results From 15 Observational Studies. *Circulation*. 10.1161/CIRCULATIONAHA.123.065530
- Lares-Michel, M., Housni, F. E., & Aguilera Cervantes, V. G. (2021). A quantitative estimation of the water footprint of the Mexican diet, corrected for washing and cooking water. *Food Security*, 13, 849-874. 10.1007/s12571-021-01160-0
- Lares-Michel, M., Housni, F. E., Aguilera Cervantes, V. G., Michel Nava, R. M., Bracamontes Del Toro, H., & Llanes Cañedo, C. (2018). The relationship between consumption, socioeconomic level and reasons of tomato intake in Mexico. *Agricultural Sciences*, 9, 777-791. 10.4236/as.2018.97055
- Lares-Michel, M., Housni, F. E., Aguilera-Cervantes, V. G., & Michel-Nava, R. M. (2022). Development of a Mexican online nutritional ecologic software for dietary assessment, automatic calculation of diet quality, and dietary environmental impact. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2106147/v1>
- Lares-Michel, M., Reyes-Castillo, Z., & Housni, F. E. (2023). Towards the characterisation of sustainable diet's gut microbiota composition and functions: A narrative review. *Gut Microbiome*, 4, e15. <https://doi.org/10.1017/gmb.2023.13>
- Laue, H., Smits, T. H., Schumacher, U. K., Claros, M. C., Hartemink, R., & Cook, A. M. (2006). Identification of Bilophila wadsworthia by specific PCR which targets the taurine: pyruvate aminotransferase gene. *FEMS Microbiology Letters*, 261(1), 74-79. 10.1111/j.1574-6968.2006.00335.x
- Lazzeri, G., Azzolini, E., Pammolli, A., Simi, R., Meoni, V., & Giacchi, M. V. (2014). Factors associated with unhealthy behaviours and health outcomes: A cross-sectional study among tuscan adolescents (Italy). *International Journal for Equity in Health*, 13(83), 1-10. 10.1186/s12939-014-0083-5
- Lee, A., Mhurchu, C. N., Sacks, G., Swinburn, B., Snowdon, W., Vandevijvere, S., Hawkes, C., L'Abbé, M., Rayner, M., Sanders, D., Barquera, S., Friel, S., Kelly, B., Kumanyika, S., Lobstein, T., Ma, J., Macmullan, J., Mohan, S., Monteiro, C., Neal, B., & Walker, C. (2013). Monitoring the price and affordability of foods and diets globally. *Obesity Reviews*, 14, 82-95. 10.1111/obr.12078
- Lee, S. Y., Kim, J., Oh, S., Kim, Y., Woo, S., Jang, H. B., Lee, H. J., Park, S. I., Park, K. H., & Lim, H. (2020). A 24-week intervention based on Nutrition care process improves diet quality, body mass index and motivation in children and adolescents with obesity. *Nutrition Research*, 84, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2020.09.005>
- Leeming, E. R., Johnson, A. J., Spector, T. D., & Le Roy, C. I. (2019). Effect of diet on the gut microbiota: Rethinking intervention duration. *Nutrients*, 11(12), 2862. 10.3390/nu11122862
- Lehikoinen, E., & Salonen, A. O. (2019). Food preferences in Finland: Sustainable diets and their differences between groups. *Sustainability*, 11(5), 1259. <https://doi.org/10.3390/su11051259>
- Lemstra, M., Bird, Y., Nwankwo, C., Rogers, M., & Moraros, J. (2016). Weight loss intervention adherence and factors promoting adherence: a meta-analysis. *Patient Preference and Adherence*, 10, 1547. <http://dx.doi.org/10.2147/PPA.S103649>
- Li, L., Zhao, X., Abdugheni, R., Yu, F., Zhao, Y., Ma, B. F., ... & Maimaiti, M. (2024). Gut microbiota changes associated with low-carbohydrate diet intervention for obesity. *Open Life Sciences*, 19(1). 10.1515/biol-2022-0803
- Li, S. S., Blanco Mejia, S., Lytvyn, L., Stewart, S. E., Vigiouliou, E., Ha, V., ... & Sievenpiper, J. L. (2017). Effect of plant protein on blood lipids: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of the American Heart Association*, 6(12), e006659. <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.006659>

- Lindgren, E., Harris, F., Dangour, A. D., Gasparatos, A., Hiramatsu, M., Javadi, F., Loken, B., Murakami, T., Scheelbeek, P., & Haines, A. (2018). Sustainable food systems—a health perspective. *Sustainability Science*, 1-13. 10.1007/s11625-018-0586-x
- Lipsky, E. (2010). Traditional non-western diets. *Nutrition in Clinical Practice*, 25(6), 585-593. 10.1177/0884533610385821
- List, J. A., & Samek, A. S. (2015). The behavioralist as nutritionist: leveraging behavioral economics to improve child food choice and consumption. *Journal of Health Economics*, 39, 135-146. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhealeco.2014.11.002>
- López-Espinoza, A., & Martínez Moreno, A. G. (2012). La importancia de comer bien. *Revista México Social*, 2(28), 54-57. [http://www.seriecientifica.org/sites/default/files/2012\\_la\\_importancia\\_de\\_comer\\_bien.pdf](http://www.seriecientifica.org/sites/default/files/2012_la_importancia_de_comer_bien.pdf)
- López-Espinoza, A., Martínez Moreno, A. G., Aguilera Cervantes, V. G., Arandas Ramírez, M. P., López, L. B. Demaría-Pesce, V., Zepeda-Salvador, A. P., & López-Urriarte, P. J. (2016). Educación en nutrición y alimentación ¿por qué y para qué?. En A. López-Espinoza & A. G. Martínez Moreno (Eds.), *La educación en alimentación y nutrición* (pp. 1-8). McGraw Hill.
- López-Espinoza, A., Martínez Moreno, A. G., Aguilera Cervantes, V. G., López Uriarte, P. J., Housni, F. E., Ruelas Castillo, M. G., & Vázquez Cisneros, L. C. (2014). El hábito de comer. En A. López-Espinoza & C. R. Magaña (Eds.), *Hábitos alimentarios: Psicobiología y socioantropología de la alimentación* (pp. 129-137). Mc Graw Hill.
- López-Espinoza, A., Martínez-Moreno, A. G., Aguilera-Cervantes, V. G., Salazar-Estrada, J. G., Navarro-Meza, M., Reyes-Castillo, Z., García-Sánchez, N. E., & Jiménez-Briseño, A. (2018). Estudio e investigación del comportamiento alimentario: Raíces, desarrollo y retos. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*, 9(1), 107-118. <http://dx.doi.org/10.22201/fesi.20071523e.2018.1.465>
- López-Olmedo, N., Popkin, B. M., & Taillie, L. S. (2019). Association between socioeconomic status and diet quality in Mexican men and women: A cross-sectional study. *PLoS One*, 14(10), e0224385. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224385>
- López-Olmedo, N., Stern, D., Bakhtsiyarava, M., Pérez-Ferrer, C., & Langellier, B. (2022). Greenhouse gas emissions associated with the Mexican diet: identifying social groups with the largest carbon footprint. *Frontiers in Nutrition*, 9(791767). 10.3389/fnut.2022.791767
- López, P. (21 de marzo de 2019). Sin acceso al agua potable, 10 por ciento de mexicanos. *Gaceta UNAM*. <https://www.gaceta.unam.mx/sin-acceso-al-agua-potable-10-por-ciento-de-mexicanos/>
- Loveday, S. M. (2023). Protein digestion and absorption: The influence of food processing. *Nutrition Research Reviews*, 36(2), 544-559. <https://doi.org/10.1017/S0954422422000245>
- Luecha, T. (2011). The effect of using token economy and social reinforcement to stimulate preschool students' vegetable and fruit consuming behavior. *International conference on social Science and Humanity IPEDRS*, 5, 19-21. <http://www.ipedr.com/vol5/no2/6-H10070.pdf>
- Lutsiv, T., McGinley, J. N., Neil-McDonald, E. S., Weir, T. L., Foster, M. T., & Thompson, H. J. (2022). Relandscaping the gut microbiota with a whole food: dose–response effects to common bean. *Foods*, 11(8), 1153. <https://doi.org/10.3390/foods11081153>
- Macdiarmid, J. I., Kyle, J., Horgan, G. W., Loe, J., Fyfe, C., Johnstone, A., & McNeill, G. (2012). Sustainable diets for the future: Can we contribute to reducing greenhouse gas emissions by eating a healthy diet? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 96(3), 632–639. 10.3945/ajcn.112.038729
- Macedo-Ojeda, G., Márquez-Sandoval, F., Fernández-Ballart, J., & Vizmanos, B. (2016). The reproducibility and relative validity of a mexican diet quality index (ICDMx) for the assessment of the habitual diet of adults. *Nutrients*, 8(516), 1-18. 10.3390/nu8090516
- Macedo-Ojeda, G., Vizmanos-Lamotte, B., Márquez-Sandoval, Y. F., Rodríguez-Rocha, N. P., López-Urriarte, P. J. & Fernández-Ballart, J. D. (2013). Validation of a semi-quantitative food frequency questionnaire to assess food groups and nutrient intake. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6), 2212-2220. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6887>
- Macías, Y. F., & Glasauer, P. (2014). *KAP Manual. Guidelines for Assessing Nutrition-Related Knowledge, Attitudes and Practice*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/3/ai3545e.pdf>
- Magkos, F., Tetens, I., Bügel, S. G., Felby, C., Schacht, S. R., Hill, J. O., Ravussin, E., & Astrup, A. (2020). The environmental footprint of obesity. *Obesity*, 28(1), 73-79. 10.1002/oby.22657
- Mahadevan, S., & Ali, I. (2016). Is body mass index a good indicator of obesity? *International Journal of Diabetes in Developing Countries*, 36(2), 140–142. 10.1007/s13410-016-0506-5
- Maillot, M., Vieux, F., Amiot, M., & Darmon, N. (2010). Individual diet modelling translates nutrient recommendations into realistic and individual-specific food choices. *American Journal of Clinical Nutrition*, 91(2), 421–30. 10.3945/ajcn.2009.28426
- Marengo Mogollón, H. (2020). Water resources in Mexico: Some proposals for the future. En J. A. Raynal-Villasenor (Ed.), *Water Resources of Mexico, World Water Resources* (pp. 117-132). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-40686-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-40686-8_7)
- Marrón-Ponce, J. A., Sánchez-Pimienta, T. G., da Costa Louzada, M. L., & Batis, C. (2018). Energy contribution of NOVA food groups and sociodemographic determinants of ultra-processed food consumption in the Mexican population. *Public Health Nutrition*, 21(1), 87-93. <https://doi.org/10.1017/S1368980017002129>
- Martínez Leo, E. E., & Segura Campos, M. R. (2020). Effect of ultra-processed diet on gut microbiota and thus its role in neurodegenerative diseases. *Nutrition*, 71(110609), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.110609>
- Martínez Moreno, A. G., López-Espinoza, A., López-Urriarte, P. J., Solano Santos, L. V., & Solórzano Villagrana, P. V. (2015). Control conductual y obesidad infantil. En A. López-Espinoza, A. G. Martínez Moreno, & P. J. Uriarte- López (Eds.), *México obeso: actualidades y perspectivas* (pp. 238-249). Editorial Universitaria.
- Martínez-Moreno, A. G., López-Espinoza, A., Vázquez, M. B., García Flores, C. L., & Gómez, D. M. (2016). Modificación de la conducta alimentaria. Una asignatura para nutriólogos. En A. López-Espinoza & A. G. Martínez Moreno (Eds.), *La educación en alimentación y nutrición* (pp. 253-266). McGraw Hill.
- Mathes, W. F., Brownley, K. A., Mo, X., & Bulik, C. M. (2009). The biology of binge eating. *Appetite*, 52(3), 545-553. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.03.005>
- Matthews, J., Win, K. T., Oinas-Kukkonen, H., & Freeman, M. (2016). Persuasive technology in mobile applications promoting physical activity: a systematic review. *Journal of Medical Systems*, 40(3), 72. 10.1007/s10916-015-0425-x
- Mattsson, G. (2020). *Applying the behaviour change wheel to design and evaluate a food waste reducing prototype for workplace kitchens*. Degree project in media technology, second cycle, 30 credits stockholm, sweden. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1459699/FULLTEXT01.pdf>

- McCarroll, R., Eyles, H., & Mhurchu, C. N. (2017). Effectiveness of mobile health (mHealth) interventions for promoting healthy eating in adults: A systematic review. *Preventive Medicine, 105*, 156-168. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2017.08.022>
- McConnell, J. V. (1974). *Understanding human behavior: An introduction to psychology*. Holt, Rinehart & Winston. <https://psycnet.apa.org/record/1974-28903-000>
- McGuire, N. M. (2015). Environmental education and behavioral change: An identity-based environmental education model. *International Journal of Environmental and Science Education, 10*(5), 695-715. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1081842.pdf>
- McMacken, M., & Shah, S. (2017). A plant-based diet for the prevention and treatment of type 2 diabetes. *Journal of geriatric cardiology: JGC, 14*(5), 342. 10.11909/j.issn.1671-5411.2017.05.009
- Médecins du Monde. (2011). *The KAP Survey Model (Knowledge, Attitudes, and Practices)*. Paris, France: Médecins du Monde. <https://www.spring-nutrition.org/publications/tool-summaries/kap-survey-model-knowledge-attitudes-and-practices>
- Medina-Vera, I., Sanchez-Tapia, M., Noriega-López, L., Granados-Portillo, O., Guevara-Cruz, M., Flores-López, A., Avila-Nava, A., Fernández, M. L., Tovar, A.R., & Torres, N. (2019). A dietary intervention with functional foods reduces metabolic endotoxaemia and attenuates biochemical abnormalities by modifying faecal microbiota in people with type 2 diabetes. *Diabetes & Metabolism, 45*(2), 122-131. <https://doi.org/10.1016/j.diabet.2018.09.004>
- Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2010a). *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Volume 2: Appendices*. (Research Report Series No. 48). UNESCO -IHE. Institute for Water Education. <https://www.waterfootprint.org/media/downloads/Report48WaterFootprintAnimalProducts-Vol2.pdf>
- Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2010b). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Volume 1: Main report*. (Research Report Series No. 47). UNESCO -IHE. Institute for Water Education. <https://www.waterfootprint.org/media/downloads/Report47WaterFootprintCropsVol1.pdf>
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Value of Water Research Report Series No. 47. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems, 15*(3), 401-415. 10.1007/s10021-011-9517-8
- Meltzer, H. M., Brantsæter, A. L., Trolle, E., Eneroth, H., Fogelholm, M., Ydersbond, T. A., & Birgisdottir, B. E. (2019). Environmental sustainability perspectives of the Nordic diet. *Nutrients, 11*(9), 2248. 10.3390/nu11092248
- Mercado-Mercado, G., Blancas-Benítez, F. J., Zamora-Gasga, V. M., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2019). Mexican traditional plant-foods: Polyphenols bioavailability, gut microbiota metabolism and impact human health. *Current Pharmaceutical Design, 25*(32), 3434-3456. <https://doi.org/10.2174/1381612825666191011093753>
- Mertens, E., Kaptijn, G., Kuijsten, A., van Zanten, H., Geleijnse, J. M., & van't Veer, P. (2019). SHARP-Indicators Database towards a public database for environmental sustainability. *Data in Brief, 27*(104617), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117827>
- Meslier, V., Laiola, M., Roager, H. M., De Filippis, F., Roume, H., Quinquis, B., Rosalba Giacco, Mennella, I., Ferracane, R., Pons, N., Pasolli, E., Rivellesse, A., Dragsted, L. O., Vitaglione, P., Ehrlich, S. D., & Ercolini, D. (2020). Mediterranean diet intervention in overweight and obese subjects lowers plasma cholesterol and causes changes in the gut microbiome and metabolome independently of energy intake. *Gut, 69*(7), 1258-1268. 10.1136/gutjnl-2019-320438
- Meybeck, A., & Gitz, V. (2017). Sustainable diets within sustainable food systems. *Proceedings of the Nutrition Society, 76*(1), 1-11. 10.1017/S0029665116000653
- Michie, S., Atkins, L., & West, R. (2014). *The behaviour change wheel a guide to designing interventions* (First edition). Silverback Publishing.
- Michie, S., Richardson, M., Johnston, M., Abraham, C., Francis, J., Hardeman, W., ... & Wood, C. E. (2013). The behavior change technique taxonomy (v1) of 93 hierarchically clustered techniques: building an international consensus for the reporting of behavior change interventions. *Annals of Behavioral Medicine, 46*(1), 81-95. <https://doi.org/10.1007/s12160-013-9486-6>
- Michie, S., van Stralen, M. M., & West, R. (2011). The behaviour change wheel: A new method for characterising and designing behaviour change interventions. *Implementation Science, 6*(1). 10.1186/1748-5908-6-42
- Milton, K. (1993). Dieta y evolución de los primates. *Investigación y Ciencia, 205*, 56-63. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=223436>
- Ministerio de Salud de Brasil (2015). Guía alimentaria para la población brasileña. Secretaría de Atención a la Salud Departamento de Atención Primaria. [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_alimentaria\\_poblacion\\_brasilena.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentaria_poblacion_brasilena.pdf)
- Monroe, J. T., Lofgren, I. E., Sartini, B. L., & Greene, G. W. (2015). The Green Eating Project: web-based intervention to promote environmentally conscious eating behaviours in US university students. *Public Health Nutrition, 18*(13), 2368-2378. 10.1017/S1368980015002396
- Monteiro, C. A., Cannon, G., Lawrence, M., Costa Louzada, M. L., & Pereira Machado, P. (2019). *Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system*. Rome, FAO. <http://www.fao.org/3/ca5644en/ca5644en.pdf>
- Mor, E., Garreta, M., & Galofré, M. (2007, septiembre 19-21). *Diseño Centrado en el Usuario en Entornos Virtuales de Aprendizaje, de la Usabilidad a la Experiencia del Estudiante*. SPDECE. Post-Proceedings del IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables, SPDECE, Bilbao, Spain. [https://www.researchgate.net/publication/220835781\\_Disenio\\_Centrado\\_en\\_el\\_Usuario\\_en\\_Entornos\\_Virtuales\\_de\\_Aprendizaje\\_de\\_la\\_Usabilidad\\_a\\_la\\_Experiencia\\_del\\_Estudiante](https://www.researchgate.net/publication/220835781_Disenio_Centrado_en_el_Usuario_en_Entornos_Virtuales_de_Aprendizaje_de_la_Usabilidad_a_la_Experiencia_del_Estudiante)
- Mullie, P., Clarys, P., Hulens, M., & Vansant, G. (2010). Dietary patterns and socioeconomic position. *European Journal of Clinical Nutrition, 64*(3), 231-238. 10.1038/ejcn.2009.145
- Murray, E. K., Auld, G., Inglis-Widrick, R., & Baker, S. (2015). Nutrition content in a national nutrition education program for low-income adults: content analysis and comparison with the 2010 Dietary Guidelines for Americans. *Journal of Nutrition Education and Behavior, 47*(6), 566-573. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneb.2015.09.002>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *Sustainable diets, food, and nutrition: Proceedings of a workshop*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25192>
- Natividad, J. M., Lamas, B., Pham, H. P., Michel, M. L., Rainteau, D., Bridonneau, C., ... & Sokol, H. (2018). Bilophila wadsworthia aggravates high fat diet induced metabolic dysfunctions in mice. *Nature Communications, 9*(1), 2802. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05249-7>

- Neelemaat, F., Lips, P., Bosmans, J. E., Thijs, A., Seidell, J. C., & van Bokhorst-de van der Schueren, M. A. (2012). Short-term oral nutritional intervention with protein and vitamin D decreases falls in malnourished older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(4), 691-699. 10.1111/j.1532-5415.2011.03888.x
- Niembro Gaona, M., & Téllez Cuevas, R. (2012). Historia y mestizaje de México a través de su gastronomía. *Culinaria Revista Virtual Especializada en Gastronomía*, 4, 30-58. [http://web.uaemex.mx/Culinaria/culinaria\\_historia/cuatro\\_ne/pdfs/historia\\_del\\_mestizaje.pdf](http://web.uaemex.mx/Culinaria/culinaria_historia/cuatro_ne/pdfs/historia_del_mestizaje.pdf)
- North American Association for Environmental Education [NAAEE] / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] [NAAEE/SEMARNAT]. (2009). *Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal*. [http://www.earthgonomic.com/biblioteca/2009\\_SEMARNAT\\_Guia\\_Programas\\_de\\_Educacion\\_Ambiental\\_No\\_Formal.pdf](http://www.earthgonomic.com/biblioteca/2009_SEMARNAT_Guia_Programas_de_Educacion_Ambiental_No_Formal.pdf)
- O'Sullivan, A. (2023). Dietary Intervention Study on Food Based Dietary Guidelines for Sustainable and Healthy Lifestyles (Clinical Trial Registration NCT05253547). [clinicaltrials.gov](https://clinicaltrials.gov). <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT05253547>
- Oinas-Kukkonen, H., & Harjumaa, M. (2009). Persuasive systems design: Key issues, process model, and system features. *Communications of the Association for Information Systems*, 24(1), 28. 10.17705/1CAIS.02428
- Ojo, O., Jiang, Y., Ojo, O. O., & Wang, X. (2023). The Association of Planetary Health Diet with the Risk of Type 2 Diabetes and Related Complications: A Systematic Review. *Healthcare*, 11(18),1120. <https://doi.org/10.3390/healthcare11081120>
- Oliveira Neta, R. S. D., Lima, S. C. V. C., Medeiros, M. F. A. D., Neta, A. D. C. P. D. A., Jacob, M. C. M., Marchioni, D. M. L., ... & Oliveira, A. G. R. D. C. (2023a). Adherence to the EAT-Lancet Dietary Recommendations for a Healthy and Sustainable Diet—The Case of the Bazuca Natal Study. *Sustainability*, 15(23), 16526. <https://doi.org/10.3390/su152316526>
- Oliveira Neta, R. S. D. O., Lima, S. C. V. C., Nascimento, L. L. D., Souza, C. V. S. D., Lyra, C. D. O., Marchioni, D. M. L., & Oliveira, A. G. R. D. C. (2023b). Indices for measurement of sustainable diets: A scoping review. *Plos one*, 18(12), e0296026. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296026>
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2006). *ISO 14040:2006(es) Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- Organización Mundial de la Salud [OMS] / Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2004). Valoración nutricional del adulto mayor. 57-70. Accessed 27 Jan 2021
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2008). *Advocacy, communication and social mobilization for TB control – A guide to developing knowledge, attitude and practices surveys*. Geneva, Switzerland: Organización Mundial de la Salud. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43790/9789241596176\\_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43790/9789241596176_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2015). *Healthy diet*. Fact Sheet N°394. [https://www.who.int/nutrition/publications/nutrientrequirements/healthydiet\\_factsheet394.pdf](https://www.who.int/nutrition/publications/nutrientrequirements/healthydiet_factsheet394.pdf)
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2021). *Recomendaciones mundiales sobre la actividad física para la salud*. [https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet\\_recommendations/es/#:~:text=Los%20adultos%20de%2018%20a,de%20actividades%20moderadas%20y%20vigorosas](https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/es/#:~:text=Los%20adultos%20de%2018%20a,de%20actividades%20moderadas%20y%20vigorosas)
- Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Organización Mundial de la Salud [OMS] [FAO/OMS]. (2019). *Sustainable healthy diets guiding principles*. <http://www.fao.org/3/ca6640en/ca6640en.pdf>
- Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). *Guías alimentarias y sostenibilidad*. <http://www.fao.org/nutrition/educacionnutricional/fooddietaryguidelines/background/sustainable-dietary-guidelines/es/>
- Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2010). *Biodiversity and sustainable diets*. <http://www.fao.org/ag/humannutrition/29186021e012ff2db1b0eb6f6228e1d98c806a.pdf>
- Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2012). Sustainable diets and biodiversity. Directions and solutions for policy, research and action. En FAO, *Proceedings of the international scientific symposium: "biodiversity and sustainable diets united against hunger"* (pp. 3-5). FAO Headquarters. [www.fao.org/docrep/016/i3004e/i3004e.pdf](http://www.fao.org/docrep/016/i3004e/i3004e.pdf)
- Orr, C. J., Keyserling, T. C., Ammerman, A. S., & Berkowitz, S. A. (2019). Diet quality trends among adults with diabetes by socioeconomic status in the US: 1999–2014. *BMC Endocrine Disorders*, 19(54), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s12902-019-0382-3>
- Ortega, R. M., Pérez-Rodrigo, C., & López-Sobaler, A. M. (2015). Métodos de evaluación de la ingesta actual: registro o diario dietético. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 21(1), 34-41. 10.14642/RENC.2015.21.sup.1.5048
- Ortiz-Alvarez, L., Xu, H., & Martínez-Tellez, B. (2020). Influence of exercise on the human gut microbiota of healthy adults: A systematic review. *Clinical and Translational Gastroenterology*, 11(2), 1-9. <https://doi.org/10.14309/ctg.000000000000126>
- Ortiz-Hernández, L., Delgado-Sánchez, G., & Hernández-Briones, A. (2006). Cambios en factores relacionados con la transición alimentaria y nutricional en México. *Gaceta Médica de México*, 142(3), 181-193. <http://www.scielo.org.mx/pdf/gmm/v142n3/v142n3a2.pdf>
- Ortiz-Hernández, L., Delgado-Sánchez, G., & Hernández-Briones, A. (2006). Cambios en factores relacionados con la transición alimentaria y nutricional en México. *Gaceta médica de México*, 142(3), 181-193. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0016-38132006000300002&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0016-38132006000300002&script=sci_arttext)
- Oskamp, S. (2000). A sustainable future for humanity? How can psychology help? *American Psychologist*, 55(5), 496-508. 10.1037//0003-066X.55.5.496
- Pagliai, G., Dinu, M., Madarena, M. P., Bonaccio, M., Iacoviello, L., & Sofi, F. (2021). Consumption of ultra-processed foods and health status: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Nutrition*, 125(3), 308-318. <https://doi.org/10.1017/S0007114520002688>
- Päivärinta E, Itkonen ST, Pellinen T, et al. (2020) Replacing Animal-Based Proteins with Plant-Based Proteins Changes the Composition of a Whole Nordic Diet-A Randomised Clinical Trial in Healthy Finnish Adults. *Nutrients* 12, E943. 10.3390/nu12040943.
- Päivärinta, E., Itkonen, S. T., Pellinen, T., Lehtovirta, M., Erkkola, M., & Pajari, A. M. (2020). Replacing animal-based proteins with plant-based proteins changes the composition of a whole Nordic diet—a randomised clinical trial in healthy Finnish adults. *Nutrients*, 12(4), 943. <https://doi.org/10.3390/nu12040943>
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2010). Carbon footprint: Current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1-4), 135–160. 10.1007/s10661-010-1678-y

- Parnarouskis, L., & Gearhardt, A. N. (2022). Preliminary evidence that tolerance and withdrawal occur in response to ultra-processed foods. *Current Addiction Reports*, 9(4), 282-289. <https://doi.org/10.1007/s40429-022-00425-8>
- Pérez Lizaur, A. B., Palacios González, B., Castro Becerra, A. L., & Flores Galicia, I. (2014). *Sistema mexicano de alimentos equivalentes* (4ª ed.). Fomento de Nutrición y Salud, Instituto Nacional de Ciencias Médicas Salvador Zubirán y Ogali.
- Pérez-Cueto, F. J. (2015). ¿Dieta sostenible y saludable?: Retrospectiva e implicancias para la nutrición pública. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(3), 301-305. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v42n3/art12.pdf>
- Pérez-Lizaur, A. B. (2014). Desarrollo del plan alimentario. En A. B. Pérez-Lizaur, & M. García-Campos (Eds.), *Dietas normales y terapéuticas. Los alimentos en la salud y la enfermedad* (pp. 1-14, 6ª ed.). McGrawHill Education.
- Pérez-Lizaur, A. B. & García-Campos, M. (2014). Plan de alimentación modificado en el contenido de nutrimentos. En A. B. Pérez-Lizaur, & M. García-Campos (Eds.), *Dietas normales y terapéuticas. Los alimentos en la salud y la enfermedad* (pp. 65-80, 6ª ed.). McGrawHill Education.
- Pérez-Monter, C., Escalona-Nandez, I., Estanes-Hernández, A., Noriega-López, L. G., & Torre-Delgado, A. (2019). Determinación de la microbiota intestinal en pacientes cirróticos de población mestizo-mexicana. *Revista de Gastroenterología de México*, 84(1), 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.rgm.2018.02.0100>
- Petry, M. N. (2002). A comparison of young, middle-aged, and older adult treatment-seeking pathological gamblers. *The Gerontologist*, 42(1), 92-99. <https://doi.org/10.1093/geront/42.1.92>
- Pi-Sunyer, F. X. (2000). Obesity: criteria and classification. *Proceedings of the Nutrition Society*, 59(4), 505-509. <https://doi.org/10.1017/s0029665100000732>
- Pieniak, Z., Żakowska-Biemans, S., Kostyra, E., & Raats, M. (2016). Sustainable healthy eating behaviour of young adults: towards a novel methodological approach. *BMC Public Health*, 16(1), 577. [10.1186/s12889-016-3260-1](https://doi.org/10.1186/s12889-016-3260-1)
- Pinheiro, A. C., Rojas, P., Carrasco, F., Gómez, P., Mayas, N., & Morales, I. (2011). Acanthosis nigricans as an indicator of insulin resistance in Chilean adult population. *Nutrición Hospitalaria*, 26(5), 940-944. [10.3305/nh.2011.26.5.4955](https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.5.4955)
- Pitt, S., Sjöblom, L., Bälter, K., Trolle Lagerros, Y., & Bonn, S. E. (2023). The effect of an app-based dietary intervention on diet-related greenhouse gas emissions—results from a randomized controlled trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 20(1), 123. <https://doi.org/10.1186/s12966-023-01523-0>
- Polikandrioti, M., & Tsami, A. (2007). Nutrition for exercise and health: a brief review. *Health Science Journal*, 1(1). <https://www.itmedicalteam.pl/articles/nutrition-for-exercise-and-health-a-brief-review.pdf>
- Polivy, J. (1996). Psychological consequences of food restriction. *Journal of the American Dietetic Association*, 96(6), 589-592. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(96\)00161-7](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(96)00161-7)
- Popkin, B. M. (1993). Nutritional patterns and transitions. *Population and Development Review*, 19(1), 138-157. <https://www.jstor.org/stable/pdf/2938388.pdf>
- Popkin, B. M. (2001). The nutrition transition and obesity in the developing world. *The Journal of Nutrition*, 131(3), 871-873. [10.1093/jn/131.3.871s](https://doi.org/10.1093/jn/131.3.871s)
- Popkin, B. M., & Du, S. (2003). Dynamics of the nutrition transition toward the animal foods sector in China and its implications: A worried perspective. *The Journal of Nutrition*, 133(11), 3898S-3906S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3898S>
- Porchas-Quijada, M., Reyes-Castillo, Z., Muñoz-Valle, J. F., Durán-Barragán, S., Aguilera-Cervantes, V., López-Espinoza, A., Vázquez-Del Mercado, M., Navarro-Meza, M., & López-Uriarte, P. (2019). IgG anti-ghrelin immune complexes are increased in rheumatoid arthritis patients under biologic therapy and are related to clinical and metabolic markers. *Frontiers in Endocrinology*, 10(252), 1-10. [10.3389/fendo.2019.00252](https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00252)
- Quek, J., Lim, G., Lim, W. H., Ng, C. H., So, W. Z., Toh, J., ... & Chew, N. W. (2021). The association of plant-based diet with cardiovascular disease and mortality: a meta-analysis and systematic review of prospect cohort studies. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 8, 756810. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.756810>
- Ramirez-Farias, C., Slezak, K., Fuller, Z., Duncan, A., Holtrop, G., & Louis, P. (2008). Effect of inulin on the human gut microbiota: stimulation of *Bifidobacterium adolescentis* and *Faecalibacterium prausnitzii*. *British Journal of Nutrition*, 101(4), 541-550.
- Ramsey, K. A., Rojer, A. G., D'Andrea, L., Otten, R. H., Heymans, M. W., Trappenburg, M. C., Verlaan, S., Whittaker, A. C., Meskers, C. G. M., & Maier, A. B. (2021). The association of objectively measured physical activity and sedentary behavior with skeletal muscle strength and muscle power in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 67(101266), 1-57. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2021.101266>
- Ridoutt, B. G., Baird, D., & Hendrie, G. A. (2021). The role of dairy foods in lower greenhouse gas emission and higher diet quality dietary patterns. *European Journal of Nutrition*, 60(1), 275-285. <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02245-w>
- Rigby, R. R., Mitchell, L. J., Hamilton, K., & Williams, L. T. (2020). The use of behavior change theories in dietetics practice in primary health care: A systematic review of randomized controlled trials. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 120(7), 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2020.03.019>
- Rinninella, E., Cintoni, M., Raoul, P., Lopetuso, L. R., Scaldaferri, F., Pulcini, G., Donato Miggiano, G. A., Gasbarrini, A., & Mele, M. C. (2019a). Food components and dietary habits: Keys for a healthy gut microbiota composition. *Nutrients*, 11(2393), 1-23. [10.3390/nu11102393](https://doi.org/10.3390/nu11102393)
- Rinninella, E., Raoul, P., Cintoni, M., Franceschi, F., Miggiano, G. A. D., Gasbarrini, A., & Mele, M. C. (2019b). What is the healthy gut microbiota composition? A changing ecosystem across age, environment, diet, and diseases. *Microorganisms*, 7(14), 1-22. [10.3390/microorganisms7010014](https://doi.org/10.3390/microorganisms7010014)
- Rivera Dommarco J, Pérez Lizaur AB, Batis Ruvalcaba C, Zendejas Vela D. Consumir porciones recomendadas de alimentos según la edad. In: Bonvecchio Arenas A, Fernández-Graxiola AC, Plazas Belausteguigoitia M, Kaufer-Horwitz M, Pérez-Lizaur AB, Rivera Dommarco J, et al. editors. *Guías alimentarias y de actividad física: en contexto de sobrepeso y obesidad en la población mexicana: documento de postura* (2015) p. 63-75.
- Rivera Dommarco, J., Bonvecchio Arenas, A., & Islas, A. (2015a). Introducción. En A. Bonvecchio Arenas, A. C. Fernández-Graxiola, M. Plazas Belausteguigoitia, M. Kaufer-Horwitz, A. B. Pérez-Lizaur & J. A. Rivera Dommarco (Eds.), *Guías alimentarias y de actividad física en contexto de sobrepeso y obesidad en la población mexicana: documento de postura* (pp. 1-15). Interistemas con autorización de la Académica Nacional de Medicina (ANM).
- Rivera Dommarco, J., Pérez Lizaur, A. B., Batis Ruvalcaba, C., & Zendejas Vela, D. (2015b). Consumir porciones recomendadas de alimentos según la edad. En A. Bonvecchio Arenas, C. Fernández-Graxiola, M. Plazas Belausteguigoitia, M. Kaufer-Horwitz, A. B. Pérez Lizaur, & J. A. Rivera Dommarco (Eds.), *Guías alimentarias y de actividad física en contexto de sobrepeso y obesidad en la población mexicana* (pp. 1-15). Interistemas con autorización de la Académica Nacional de Medicina (ANM).

- Rivera-Hernández, J. E., Blanco-Orozco, N. V., Alcántara-Salinas, G., & Houbron, E. P. (2017). ¿Desarrollo sostenible o sustentable? La controversia de un concepto. *Revista Posgrado y Sociedad*, 15(1), 57-67. <https://doi.org/10.22458/rpys.v15i1.1825>
- Rivera, J. A., Muñoz-Hernández, O., Rosas-Peralta, M., Aguilar-Salinas, C. A., Popkin, B. M., & Willett, W. C. (2008). Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana. *Salud Pública de México*, 50, 173-195. <http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v50n2/11.pdf>
- Rivera, J. A., Pedraza, L. S., Aburto, T. C., Batis, C., Sánchez-Pimentia, T. G., González de Cosío, T., López-Olmedo, N., & Pedroza-Tobías, A. (2016). Overview of the dietary intakes of the Mexican population: Results from the national health and nutrition survey 2012. *The Journal of Nutrition*, 146(9), 1851S–1855S. 10.3945/jn.115.221275
- Robinson, E., Higgs, S., Daley, A. J., Jolly, K., Lycett, D., Lewis, A., & Aveyard, P. (2013). Development and feasibility testing of a smart phone based attentive eating intervention. *BMC Public Health*, 13(1), 1-7. 10.1186/1471-2458-13-639
- Rodríguez Lara, A. (2015). *Consumo de alimentos en relación con la microbiota intestinal y el peso corporal en estudiantes del Cusur* [Tesis de maestría inédita, Universidad de Guadalajara, México].
- Rodríguez-Lara, A., Plaza-Díaz, J., López-Uriarte, P., Vázquez-Aguilar, A., Reyes-Castillo, Z., & Álvarez-Mercado, A. I. (2022). Fiber consumption mediates differences in several gut microbes in a subpopulation of young Mexican adults. *Nutrients*, 14(6), 1-15. <https://doi.org/10.3390/nu14061214>
- Rodríguez-Ramírez, S., de Cosío, T. G., Mendez, M. A., Tucker, K. L., Méndez-Ramírez, I., Hernández-Borrego, S., & Popkin, B. M. (2015). A water and education provision intervention modifies the diet in overweight Mexican women in a randomized controlled trial. *The Journal of nutrition*, 145(8), 1892-1899. <https://doi.org/10.3945/jn.115.212852>
- Romero-Gwynn, E., & Douglas, G. (1997). *Dietary patterns and acculturation among latinos of mexican descent*. (JSRI Reporte de investigación No. 23). The Julian Samora Research Institute. Universidad del Estado de Michigan. <https://pdfs.semanticscholar.org/9c80/2a1d3476d4f1d09f16b4eb0a544bbf3f918d.pdf>
- Romieu, I., Dossus, L., Barquera, S., Blotière, H. M., Franks, P. W., Gunter, M., ... & IARC working group on Energy Balance and Obesity. (2017). Energy balance and obesity: what are the main drivers?. *Cancer Causes & Control*, 28, 247-258. <https://doi.org/10.1007/s10552-017-0869-z>
- Ross, R., Neeland, I. J., Yamashita, S., Shai, I., Seidell, J., Magni, P., Santos, R. D., Arsenault, B., Cuevas, A., Hu, F. B., Griffin, B. A., Zambon, A., Barter, P., Fruchart, J. C., Eckel, R. H., Matsuzawa, Y., & Després, J. P. (2020). Waist circumference as a vital sign in clinical practice: a Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity. *Nature Reviews Endocrinology*, 16, 177–189. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0310-7>
- Rowland, I., Gibson, G., Heinken, A., Scott, K., Swann, J., Thiele, I., & Tuohy, K. (2018). Gut microbiota functions: Metabolism of nutrients and other food components. *European Journal of Nutrition*, 57(1), 1-24. 10.1007/s00394-017-1445-8
- Ruiz Cerrillo, S. (2017). Modelo de cálculo de la huella de carbono para el sistema mexicano de alimentos equivalentes. *Journal of Negative and No Positive Results*, 2(6), 226-232. 10.19230/jonnpr.1240
- Sakpal, T. V. (2010). Sample size estimation in clinical trial. *Perspectives in clinical research*, 1(2), 67. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3148614/>
- San Mauro Martín, I., González Fernández, M., & Collado Yurrita, L. (2014). Aplicaciones móviles en nutrición, dietética y hábitos saludables: análisis y consecuencia de una tendencia a la alza. *Nutrición Hospitalaria*, 30(1), 15-24. 10.3305/nh.2014.30.1.7398
- Santiago-Torres, M., Kratz, M., Lampe, J. W., Tapsoba, J. D. D., Breymeyer, K. L., Levy, L., Villaseñor, A., Wang, C. Y., Song, X., & Neuhouser, M. L. (2016). Metabolic responses to a traditional Mexican diet compared with a commonly consumed US diet in women of Mexican descent: A randomized crossover feeding trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 103(2), 366–374. 10.3945/ajcn.115.119016
- Sartorelli, D. S., Franco, L. J., Gimeno, S. G. A., Ferreira, S. R. G., Cardoso, M. A., & Japanese–Brazilian Diabetes Study Group. (2009). Dietary fructose, fruits, fruit juices and glucose tolerance status in Japanese–Brazilians. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 19(2), 77-83. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2008.04.004>
- Satija, A., & Hu, F. B. (2018). Plant-based diets and cardiovascular health. *Trends In Cardiovascular Medicine*, 28(7), 437-441. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2018.02.004>
- Scarborough, P., Appleby, P. N., Mizdrak, A., Briggs, A. D., Travis, R. C., Bradbury, K. E., & Key, T. J. (2014). Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK. *Climatic Change*, 125(2), 179-192. 10.1007/s10584-014-1169-1
- Schaefer, E. J., Gleason, J. A., & Dansinger, M. L. (2009). Dietary fructose and glucose differentially affect lipid and glucose homeostasis. *The Journal of Nutrition*, 139(6), 1257S-1262S. <https://doi.org/10.3945/jn.108.098186>
- Scheelbeek, P., Green, R., Papier, K., Knuppel, A., Alae-Carew, C., Balkwill, A., Key, T. J., Beral, V., & Dangour, A. D. (2020). Health impacts and environmental footprints of diets that meet the Eatwell Guide recommendations: analyses of multiple UK studies. *BMJ Open*, 10(8), e037554. 10.1136/bmjopen-2020-037554
- Scher, J. U., Sczesnak, A., Longman, R. S., Segata, N., Ubeda, C., Bielski, C., Rostron, T., Cerundolo, V., Pamer, E. G., Abramson, S. B., Huttenhower, C., & Littman, D. R. (2013). Expansion of intestinal *Prevotella copri* correlates with enhanced susceptibility to arthritis. *Elife*, 5(2), 1-20. 10.7554/eLife.01202.001
- Schleenbecker, R., & Hamm, U. (2013). Consumers' perception of organic product characteristics. A review. *Appetite*, 71, 420-429. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.08.020>
- Schmidt, C. V., & Mouritsen, O. G. (2020). The solution to sustainable eating is not a one-way street. *Frontiers in Psychology*, 11. 10.3389/fpsyg.2020.00531
- Schmittgen, T. D., & Livak, K. J. (2008). Analyzing real-time PCR data by the comparative CT method. *Nature protocols*, 3(6), 1101-1108. 10.1038/nprot.2008.73
- Schulze, M. B., Hoffmann, K., Kroke, A., & Boeing, H. (2003). An approach to construct simplified measures of dietary patterns from exploratory factor analysis. *British Journal of Nutrition*, 89(3), 409-418. <https://doi.org/10.1079/BJN2002778>
- Schwingshackl, L., Watzl, B., & Meerpohl, J. J. (2020). The healthiness and sustainability of food based dietary guidelines. Are plant based diets better for human health and the planet? *BMJ*, 370(m2417), 1-3. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.m2417>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2022). Catálogo de plantas frutales. <https://sader.jalisco.gob.mx/catalogo-plantas>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC]. [SEMARNAT-INECC]. (2016). *Mexico's Climate Change Mid-Century Strategy*. Ministry of Environment and Natural Resources. National Institute of Ecology and Climate Change



- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2018a). *Diferencia entre sostenible y sostenible*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/diferencia-entre-sostenible-y-sostenible>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2018b). Informe del medio ambiente. *Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales*. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap6.html>
- Secretaría de Salud [SSA], Instituto Nacional de Salud Pública [INSP], Grupo Intersectorial de Salud, Alimentación, Medio Ambiente y Competitividad [GISAMAC], Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF]. (2023). Guías alimentarias saludables y sostenibles para la población mexicana 2023. México.
- Secretaría de Salud. (2012). Norma oficial mexicana NOM-253-SSA1-2012, para la disposición de sangre humana y sus componentes con fines terapéuticos. <https://www.cndh.org.mx/DocTR/2016/JUR/A70/01/JUR-20170331-NOR38.pdf>
- Secretaría de Salud. (2016). *Grupos de alimentos y patrones de alimentación saludables para la prevención de enfermedades adultos y pediátricos 1º, 2º, 3er Nivel de Atención. Guía de Referencia Rápida. Catálogo Maestro de Guías de Práctica Clínica: IMSS-225-16*. México: Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC). <http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/gpc/CatalogoMaestro/IMSS-225-16-Grupos-alimentos/225GRR.pdf>
- Secretaría de Salud. (2020). *Recomendaciones para personal de salud*. <https://www.gob.mx/salud/documentos/informacion-para-personal-de-salud>
- Senghor, B., Sokhna, C., Ruimy, R., & Lagier, J. C. (2018). Gut microbiota diversity according to dietary habits and geographical provenance. *Human Microbiome Journal*, 7(8), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.humic.2018.01.001>
- Serafini, M., & Toti, E. (2016). Unsustainability of obesity: metabolic food waste. *Frontiers in Nutrition*, 3, 40. <https://doi.org/10.3389/fnut.2016.00040>
- Shahavandi, M., Djafari, F., Shahinfar, H., Davarzani, S., Babaei, N., Ebaditabar, M., ... & Shab-Bidar, S. (2020). The association of plant-based dietary patterns with visceral adiposity, lipid accumulation product, and triglyceride-glucose index in Iranian adults. *Complementary Therapies in Medicine*, 53, 102531. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102531>
- Shakespeare, S., Peterkin, V. M., & Bourne, P. A. (2018). A token economy: An approach used for behavior modifications among disruptive primary school children. *MOJ Public Health*, 7(3), 89-99. 10.15406/mojph.2018.07.00212.
- Shuster, A., Patlas, M., Pinthus, J. H., & Mourtzakis, M. (2012). The clinical importance of visceral adiposity: A critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. *The British Journal of Radiology*, 85(1009), 1-10. 10.1259/bjr/38447238
- Singh, R. K., Chang, H. W., Yan, D., Lee, K. M., Ucmak, D., Wong, K., Abrouk, M., Farahnik, B., Nakamura, M., Zhu, T. H., Bhutani, T., & Liao, W. (2017). Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health. *Journal of Translational Medicine*, 15(1), 73. 10.1186/s12967-017-1175-y
- Śmiglak-Krajewska, M., Wojciechowska-Solis, J., & Viti, D. (2020). Consumers' purchasing intentions on the legume market as evidence of sustainable behaviour. *Agriculture*, 10(424), 1-20. 10.3390/agriculture10100424
- Spahn, J. M., Reeves, R. S., Keim, K. S., Laquatra, I., Kellogg, M., Jortberg, B., & Clark, N. A. (2010). State of the evidence regarding behavior change theories and strategies in nutrition counseling to facilitate health and food behavior change. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(6), 879-891. 10.1016/j.jada.2010.03.021
- Spiegelhalter, D. (2017). Risk and uncertainty communication. *The Annual Review of Statistics and Its Application*, 4, 31-60. 10.1146/annurev-statistics-010814-020148
- Spiller, G. A., Jensen, C. D., Pattison, T. S., Chuck, C. S., Whittam, J. H., & Scala, J. (1987). Effect of protein dose on serum glucose and insulin response to sugars. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 46(3), 474-480. 10.1093/ajcn/46.3.474
- Stanzus, L. S., Frank, P., & Geiger, S. M. (2019). Healthy eating and sustainable nutrition through mindfulness? Mixed method results of a controlled intervention study. *Appetite*, 141, 104325. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.104325>
- Steenon, S., & Buttriss, J. L. (2020). The challenges of defining a healthy and 'sustainable' diet. *Nutrition Bulletin*, 45, 206-222. 10.1111/nbu.12439
- Steg, L. (2023). Psychology of climate change. *Annual Review of Psychology*, 74, 391-421. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-032720-042905>
- Stubbendorff, A., Sonestedt, E., Ramne, S., Drake, I., Hallström, E., & Ericson, U. (2022). Development of an EAT-Lancet index and its relation to mortality in a Swedish population. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 115(3), 705-716. 10.1093/ajcn/nqab369
- Suverza, A., & Haua K. (2010). *El ABCD de la evaluación del estado de nutrición*. Mc Graw Hill, México.
- Swan, W. I., Vivanti, A., Hakel-Smith, N. A., Hotson, B., Orrevall, Y., Trostler, N., Howarter, K. B., & Papoutsakis, C. (2017). Nutrition care process and model update: toward realizing people-centered care and outcomes management. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 117(12), 2003-2014. 10.1016/j.jand.2017.07.015
- Swinburn, B. A., Caterson, I., Seidell, J. C., & James, W. P. T. (2004). Diet, nutrition and the prevention of excess weight gain and obesity. *Public Health Nutrition*, 7(1), 123-146. 10.1079/PHN2003585
- Tate, D. F., Lytle, L. A., Sherwood, N. E., Haire-Joshu, D., Matheson, D., Moore, S. M., Loria, C. M., Pratt, C., Ward, S. D., Belle, S. H., & Michie, S. (2016). Deconstructing interventions: approaches to studying behavior change techniques across obesity interventions. *Translational Behavioral Medicine*, 6(2), 236-243. 10.1007/s13142-015-0369-1
- Tello, J., Garcillán, P. P., & Ezcurra, E. (2020). How dietary transition changed land use in Mexico. *Ambio*, 49(10), 1676-1684. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01317-9>
- Temple, N. J., & Fraser, J. (2014). Food labels: a critical assessment. *Nutrition*, 30(3), 257-260. 10.1016/j.nut.2013.06.012
- The EAT-Lancet Commission. (2019). *Alimentos, planeta, salud. Dietas saludables a partir de sistemas alimentos sostenibles*. [https://eatforum.org/content/uploads/2019/07/EATLancet\\_Commission\\_Summary\\_Report\\_Spanish.pdf](https://eatforum.org/content/uploads/2019/07/EATLancet_Commission_Summary_Report_Spanish.pdf)
- The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2018). *Glosario. Anexo II*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5\\_SYR\\_Glossary\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5_SYR_Glossary_es.pdf)
- The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2019). *Calentamiento global de 1,5°C. Resumen para responsables de políticas*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf)
- The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2020). *Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Summary for Policymakers*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM\\_Updated-Jan20.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf)

- Thorpe, M. G., Milte, C. M., Crahuella hidricaord, D., & McNaughton, S. A. (2016). A comparison of the dietary patterns derived by principal component analysis and cluster analysis in older Australians. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 13, 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12966-016-0353-2>
- Tomé-Carneiro, J., & Visioli, F. (2023). Plant-Based Diets Reduce Blood Pressure: A Systematic Review of Recent Evidence. *Current Hypertension Reports*, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s11906-023-01243-7>
- Tompa, O., Lakner, Z., Oláh, J., Popp, J., & Kiss, A. (2020). Is the sustainable choice a healthy choice?—Water footprint consequence of changing dietary patterns. *Nutrients*, 12(9), 2578. 10.3390/nu12092578
- Torrellas, M., Antón, A., & Montero, J. I. (2013). An environmental impact calculator for greenhouse production systems. *Journal of Environmental Management*, 118, 186–195. 10.1016/j.jenvman.2013.01.011
- Truelove, S., Vanderloo, L. M., Tucker, P., Di Sebastiano, K. M., & Faulkner, G. (2020). The use of the behaviour change wheel in the development of ParticipACTION's physical activity app. *Preventive Medicine Reports*, 20, 101224. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2020.101224>
- Tuomisto, H. L. (2019). The complexity of sustainable diets. *Nature Ecology & Evolution*, 3(5), 720-721. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0875-5>
- Turner, M. M., Skubisz, C., Pandya, S. P., Silverman, M., & Austin, L. L. (2014). Predicting visual attention to nutrition information on food products: the influence of motivation and ability. *Journal of Health Communication*, 19(9), 1017-1029. 10.1080/10810730.2013.864726
- Uejio, C. K., Tamerius, J. D., Ahn, Y., & Gonsoroski, E. (2021). Primer on climate science. En J. Lemery, K. Knowlton, & C. Sorenson (Eds.), *Global climate change and human health: from science to practice* (pp. 1-24). John Wiley & Sons. <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=JDAnEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&q=climate+change+consequences+2021&ots=N8zgm18h6Z&sig=k6NclMgKFZFHuUeXfXcBUWYmYXE#v=onepage&q=climate%20change%20consequences%202021&f=false>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]. (2010). *Traditional Mexican cuisine — ancestral, ongoing community culture, the Michoacán paradigm*. <https://ich.unesco.org/en/RL/traditionalmexicancuisineancestralongoingcommunityculturethemichoacan-paradigm-00400>
- United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC]. (2011). *Fact sheet: Climate change science — the status of climate change science today*. [https://unfccc.int/files/press/backgrounders/application/pdf/press\\_factsh\\_science.pdf](https://unfccc.int/files/press/backgrounders/application/pdf/press_factsh_science.pdf)
- Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]. (2012). Plan Educativo Nacional. [http://www.planeducativonacional.unam.mx/CAP\\_07/Text/07\\_03a.html](http://www.planeducativonacional.unam.mx/CAP_07/Text/07_03a.html)
- Vahouny, G. V., & Cassidy, M. M. (1985). Dietary fibers and absorption of nutrients. *Proceedings Of The Society For Experimental Biology And Medicine*, 180(3), 432-446. <https://doi.org/10.3181/00379727-180-42200>
- Valerino-Perea, S., Lara-Castor, L., Armstrong, M. E. G., & Papadaki, A. (2019). Definition of the traditional Mexican diet and its role in health: A systematic review. *Nutrients*, 11(2803), 1-37. 10.3390/nu11122803
- Valerino-Perea, Selene, Miranda EG Armstrong, and Angeliki Papadaki. "Adherence to a traditional Mexican diet and non-communicable disease-related outcomes: secondary data analysis of the cross-sectional Mexican National Health and Nutrition Survey." *British Journal of Nutrition* 129(7), 1266-1279. 10.1017/S0007114522002331
- Vanham, D. (2013). The water footprint of Austria for different diets. *Water Science and Technology*, 67(4), 824-830. doi:10.2166/wst.2012.623
- Vanham, D., Del Pozo, S., Pekcan, A. G., Keinan-Boker, L., Trichopoulou, A., & Gawlik, B. M. (2016). Water consumption related to different diets in Mediterranean cities. *Science of the total environment*, 573, 96-105. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.08.111
- Vanham, D., Guenther, S., Ros-Baró, M., & Bach-Faig, A. (2021). Which diet has the lower water footprint in Mediterranean countries?. *Resources, Conservation and Recycling*, 171, 105631. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105631>
- Vanham, D., Mak, T. N., & Gawlik, B. M. (2016). Urban food consumption and associated water resources: The example of Dutch cities. *Science of the Total Environment*, 565, 232-239. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.172>
- Vanham, D., Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2013). The water footprint of the EU for different diets. *Ecological indicators*, 32, 1-8. doi:10.1016/j.ecolind.2013.02.020
- Vázquez-García, V., de Godínez-Guevara, M. D. L., Ortiz-Gómez, A. S., & Montes-Estrada, M. (2004). Uncultivated foods in southern Veracruz, Mexico: Establishing the links between ecosystem health, food availability, and human nutrition. *EcoHealth*, 1(2), 131-143. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0075-9>
- Verain, M. C., Snoek, H. M., Onwezen, M. C., Reinders, M. J., & Bouwman, E. P. (2021). Sustainable food choice motives: The development and cross-country validation of the Sustainable Food Choice Questionnaire (SUS-FCQ). *Food Quality and Preference*, 93(104267), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104267>
- Verhoog, S., Taneri, P. E., Roa Díaz, Z. M., Marques-Vidal, P., Troup, J. P., Bally, L., Franco, O. H., Glisic, M., & Muka, T. (2019). Dietary factors and modulation of bacteria strains of Akkermansia muciniphila and Faecalibacterium prausnitzii: a systematic review. *Nutrients*, 11(7), 1565.10.3390/nu11071565
- Verly-Jr, E., da Silva Pereira, A., Marques, E. S., Horta, P. M., Canella, D. S., & Cunha, D. B. (2020). Reducing ultra-processed foods and increasing diet quality in affordable and culturally acceptable diets: a study case from Brazil using linear programming. *British Journal of Nutrition*, 1-10. <https://doi.org/10.1017/S0007114520004365>
- Vermeir, I., & Verbeke, W. (2008). Sustainable food consumption among young adults in Belgium: Theory of planned behaviour and the role of confidence and values. *Ecological Economics*, 64(3), 542-553. 10.1016/j.ecolecon.2007.03.007
- Vieux, F., Darmon, N., Touazi, D., & Soler, L. G. (2012). Greenhouse gas emissions of self-selected individual diets in France: changing the diet structure or consuming less?. *Ecological Economics*, 75, 91-101. 10.1016/j.ecolecon.2012.01.003
- Vieux, F., Privet, L., Soler, L. G., Irz, X., Ferrari, M., Sette, S., Raulio S, Tapanainen, H., Hoffmann, R., Surry, Y., Pulkkinen, H., & Darmon, N. (2020). More sustainable European diets based on self-selection do not require exclusion of entire categories of food. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119298. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119298>
- Vijayapushpam, T., Antony, G. M., Subba Rao, G., & Raghunatha Rao, D. (2009). Nutrition and health education intervention for student volunteers: topic-wise assessment of impact using a non-parametric test. *Public Health Nutrition*, 13(1), 131-136. 10.1017/s1368980009990255
- Wahlqvist, M. L. (2002). Chronic disease prevention: A life-cycle approach which takes account of the environmental impact and opportunities of food, nutrition and public health policies—the rationale for an eco-nutritional disease nomenclature. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11, S759-S762. <https://doi.org/10.1046/j.1440-6047.11.s.6.x>

- Wahlqvist, M. L. (2009). Connected community and household food-based strategy (cch-fbs): its importance for health, food safety, sustainability and security in diverse localities. *Ecology of Food and Nutrition*, 48(6), 457-481. [10.1080/03670240903308596](https://doi.org/10.1080/03670240903308596)
- Wahlqvist, M. L., & Specht, R. L. (1998). Food variety and biodiversity: Econutrition. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 7, 314-319. <http://apjcn.nhri.org.tw/server/apjcn/7/3/4/314.pdf>
- Wastyk, H. C., Fragiadakis, G. K., Perelman, D., Dahan, D., Merrill, B. D., Feiqiao, B. Y., ... & Sonnenburg, J. L. (2021). Gut-microbiota-targeted diets modulate human immune status. *Cell*, 184(16), 4137-4153. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.06.019>
- West, R., & Michie, S. (2016). *A guide to development and evaluation of digital behaviour interventions in healthcare*. (First edition). Silverback Publishing.
- Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A. G., de Souza Dias, B. F., Ezeh, A., Frumkin, H., Gong, P., Head, P., Horton, R., Mace, G. M., Marten, R., Myers, S. S., Nishtar, S., Osofsky, S. A., Pattanayak, S. K., Pongsiri, M. J., Romanelli, C., Soucat, A., Vega, J., & Yach, D. (2015). Safeguarding human health in the anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *The Lancet*, 386(10007), 1973-2028. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1)
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Sibanda, L. M., Afshin, A., et al., (2019). Food in the anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet*, 393(18), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- World Health Organization [WHO]. (2018). Body Mass Index (BMI). [https://www.who.int/data/gho/data/themes/theme-details/GHO/body-mass-index-\(bmi\)](https://www.who.int/data/gho/data/themes/theme-details/GHO/body-mass-index-(bmi)). Accessed 27 Jan 2021
- World Health Organization (WHO/OMS) / Food and Agriculture Organization (FAO). (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO expert consultation. WHO Technical Report Series. Geneva, Switzerland: WHO.
- World Health Organization [WHO]. (2008). Waist circumference and waist-hip ratio report of a WHO expert consultation. Geneva 8-11. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44583/9789241501491\\_eng.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44583/9789241501491_eng.pdf?sequence=1)
- World Wildlife Fund. (2021). *Water scarcity*. <https://www.worldwildlife.org/threats/water-scarcity#:~:text=As%20a%20result%2C%20some%201.1,one%20month%20of%20the%20year.&text=Climate%20change%20is%20altering%20patterns,areas%20and%20floods%20in%20others>.
- Yang, W., Jiang, W., & Guo, S. (2023). Regulation of Macronutrients in Insulin Resistance and Glucose Homeostasis during Type 2 Diabetes Mellitus. *Nutrients*, 15(21), 4671. [10.3390/nu15214671](https://doi.org/10.3390/nu15214671).
- Yates, T., Khunti, K., Bull, F., Gorely, T., & Davies, M. J. (2007). The role of physical activity in the management of impaired glucose tolerance: a systematic review. *Diabetologia*, 50, 1116-1126. <https://doi.org/10.1007/s00125-007-0638-8>
- Yokoyama, Y., Levin, S. M., & Barnard, N. D. (2017). Association between plant-based diets and plasma lipids: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition reviews*, 75(9), 683-698. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux030>
- Zhao, L. G., Zhang, Q. L., Liu, X. L., Wu, H., Zheng, J. L., & Xiang, Y. B. (2019). Dietary protein intake and risk of type 2 diabetes: a dose–response meta-analysis of prospective studies. *European Journal of Nutrition*, 58, 1351-1367. <https://doi.org/10.1007/s00394-018-1737-7>
- Zinöcker, M. K., & Lindseth, I. A. (2018). The Western diet–microbiome–host interaction and its role in metabolic disease. *Nutrients*, 10(3), 365. <https://doi.org/10.3390/nu10030365>
- Zúñiga Barba, A. C., Chávez Palencia, C., & Arellano Gómez, L. P. (2016). Guías alimentarias, Tablas y bases de datos de contenido nutrimental. En A. López-Espinoza & A. G. Martínez Moreno (Eds.), *La educación en alimentación y nutrición* (pp. 171-186). McGraw Hill.

# **APÉNDICES ELECTRÓNICOS**

# Apéndices electrónicos

<https://drive.google.com/file/d/1x-Qdw1vtPuhcxmfemKieKOvokBa2Spmn/view?usp=sharing>

## Tabla de contenidos

Apéndice electrónico 1. Figuras complementarias de la aproximación teórica .....	3
Apéndice electrónico 2. Tablas complementarias de la aproximación teórica .....	12
Apéndice electrónico 3. Evaluación y diagnóstico 1.....	22
Apéndice electrónico 4. Evaluación y diagnóstico 2.....	27
Apéndice electrónico 4.2. Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos (CFCA) empleado en evaluación y diagnóstico 2 y en evaluaciones de la intervención .....	28
Apéndice electrónico 5. Análisis de componentes principales de la evaluación y diagnóstico 2 .....	36
Apéndice electrónico 6. Esquema de diseño de investigación de intervención en etapa 1 .....	38
Apéndice electrónico 7. Diseño de guía alimentaria sostenible para México.....	39
Apéndice electrónico 8. Puntuaciones a emplear en la aplicación móvil dentro del sistema de economía de fichas .....	41
Apéndice electrónico 9. Cartel de invitación para participar en intervención .....	49
Apéndice electrónico 10. Cuestionario inicial para selección de participantes .....	50
Apéndice electrónico 11. Criterios de inclusión, exclusión y eliminación .....	51
Apéndice electrónico 12. Cálculo de la muestra .....	53
Apéndice electrónico 13. Historia clínica para evaluación inicial .....	54
Apéndice electrónico 14. Cuestionario del modelo COM-B .....	59
Apéndice electrónico 15. Cuestionario conocimientos nutricionales sostenibles.....	60
Apéndice electrónico 16. Cuestionario e índice de adherencia empleados .....	61
Apéndice electrónico 17. Prueba piloto .....	63
Selección y características de los participantes de la prueba piloto.....	63
Fiabilidad del cuestionario COM-B .....	63
Fiabilidad del cuestionario de conocimientos nutricionales sostenibles .....	63
Apéndice electrónico 18. Esquema de estudio de la etapa 3.....	71
Apéndice electrónico 19. Materiales y métodos para análisis de biomarcadores metabólicos y microbiota intestinal.....	72
Apéndice electrónico 20. Primers para análisis de la microbiota intestinal.....	73
Apéndice electrónico 21. Objetivos analíticos y pruebas estadísticas empleadas.....	74
Apéndice electrónico 22. Consentimiento informado .....	75
Apéndice electrónico 23. Características de sostenibilidad de los menús diseñados.....	78
Apéndice electrónico 24. Modelos de regresión lineal de efectos mixtos completos de biomarcadores metabólicos .....	87
Apéndice electrónico 25. Modelos de regresión lineal de efectos mixtos completos de la microbiota intestinal .....	92
Apéndice electrónico 26. Experiencia de los participantes en la intervención .....	102

# ANEXOS

# Anexos

## Anexo 1. Indicis de calidad de las publicaciones científicas derivadas de la tesis doctoral

### Artículo 1

Aceptado y publicado en *Frontiers in Nutrition*

Doi: 10.3389/fnut.2021.694775

Eat well to fight obesity... and save water: Impact of diet, caloric intake and adiposity on the water footprint

Mariana Lares-Michel<sup>1</sup>, Fatima Ezzahra Housni<sup>1\*</sup>, Virginia Gabriela Aguilera Cervantes<sup>1</sup>  
Presentación Carrillo<sup>2</sup>, Rosa María Michel Nava<sup>3</sup> and Claudia Llanes Cañedo<sup>1</sup>

1. Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN). University Center of the South. University of Guadalajara. Ciudad Guzmán, México.

2. Instituto Universitario de Investigación del Agua. Universidad de Granada. Granada, Spain.

3. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Guzmán. Ciudad Guzmán, México.

Factor de impacto: 6.59

JCR Category Rank Q1: Nutrition & Dietetics



ORIGINAL RESEARCH  
published: 01 July 2021  
doi: 10.3389/fnut.2021.694775



### Eat Well to Fight Obesity... and Save Water: The Water Footprint of Different Diets and Caloric Intake and Its Relationship With Adiposity

Mariana Lares-Michel<sup>1</sup>, Fatima Ezzahra Housni<sup>1\*</sup>, Virginia Gabriela Aguilera Cervantes<sup>1</sup>,  
Presentación Carrillo<sup>2</sup>, Rosa María Michel Nava<sup>3</sup> and Claudia Llanes Cañedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), University Center of the South, University of Guadalajara, Ciudad Guzmán, México. <sup>2</sup>Instituto Universitario de Investigación del Agua, Universidad de Granada, Granada, Spain. <sup>3</sup>Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Guzmán, Ciudad Guzmán, México

Water scarcity and excess adiposity are two of the main problems worldwide and in Mexico, which is the most obese country in the world and suffers from water scarcity. Food production represents 90% of a person's water footprint (WF), and healthy diets can lead to less WF than do unhealthy diets related to obesity. We calculated the WF of the diet and caloric intake of adults in Mexico and analyzed its relationship with adiposity. Also, the risk of water expenditure due to adiposity and adherence to dietary recommendations regarding WF of international healthy diets were examined. A Food Consumption Frequency Questionnaire (FCFQ) was applied to 395 adults. Body mass index (BMI), associated with adiposity indicators, was used as a reference for grouping a sample into adiposity levels. The WF was calculated according to the WF Assessment Method, considering correction factors and accounting for water involved in cooking and food washing. Our results showed that the Mexican diet spends 6,056 liters per person per day (L p<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) and is 55% higher than international healthy diets WF. Consumption of beef, milk, fruits, chicken, and fatty cereals represented 56% of total WF. Strong relations appeared between hypercaloric diets and high WF. Diets of people with excess adiposity generated statistically higher WF with extra expenses of 729 L p<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> compared with the normal adiposity population. Following nutritional recommendations offers a protective factor in water care, whereas not adhering to these represents a risk up to 93 times greater of water expenditure regarding international healthy diets. Therefore, both for the general population and to regulate obesity, adequate diets can help mitigate the problem of water scarcity.

**Keywords:** water footprint, diet, dietary patterns, obesity, caloric intake, sustainable diets, healthy diets, Mexico

#### INTRODUCTION

The excess adiposity that characterizes overweight and obesity is considered a worldwide epidemic (1, 2). This problem has consequences on social, economic, and political sectors; only, in 2014, the global economic impact of obesity was estimated to be US\$2.0 trillion or 2.8% of the global gross domestic product, considering its health complications, such as diabetes, hypertension, and

#### OPEN ACCESS

**Edited by:**  
Sabera Ahmed,  
Montana State University,  
United States

**Reviewed by:**  
Meelin Merga Mekonnen,  
University of Alabama, United States  
Dary Vanham,  
European Commission, Joint  
Research Centre, Belgium

**\*Correspondence:**  
Fatima Ezzahra Housni  
fatima.housni@uag.mx

**Specialty section:**  
This article was submitted to  
Nutrition and Sustainable Diets,  
a section of the journal  
*Frontiers in Nutrition*

**Received:** 13 April 2021  
**Accepted:** 04 June 2021  
**Published:** 01 July 2021

**Citation:**  
Lares-Michel M, Housni FE, Aguilera  
Cervantes VG, Carrillo P, Michel  
Nava RM and Llanes Cañedo C  
(2021) Eat Well to Fight Obesity... and  
Save Water: The Water Footprint of  
Different Diets and Caloric Intake and  
Its Relationship With Adiposity.  
*Front. Nutr.* 8:694775.  
doi: 10.3389/fnut.2021.694775

## Artículo 2

Aceptado y publicado en European Journal of Nutrition

Doi: <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02878-z>

The water footprint and nutritional implications of diet change in Mexico: A principal component analysis

Mariana Lares-Michel<sup>1</sup>, Fatima Ezzahra Housni<sup>1\*</sup>, Virginia Gabriela Aguilera Cervantes<sup>1</sup>, Zyanya Reyes-Castillo<sup>1</sup>, Rosa María Michel Nava<sup>2</sup>, Claudia Llanes Cañedo<sup>1</sup> and Madeline de Jesús López Larios<sup>1</sup>

1. Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), University Center of the South, University of Guadalajara, Av. Enrique Arreola Silva 883, Col. Centro, 49000 Ciudad Guzmán, Jalisco, México

2. Present Address: Institute of Nutrition and Food Technology “José Mataix Verdú”, Biomedical Research Center, University of Granada, Avenida del Conocimiento S/N. Parque Tecnológico de la Salud. Armilla, 18071 Granada, Spain

3. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Guzmán, Avenida Tecnológico 100, Col. Centro, 49000 Ciudad Guzmán, México

Factor de impacto: 5

JCR Category Rank Q2: Nutrition & Dietetics

European Journal of Nutrition  
<https://doi.org/10.1007/s00394-022-02878-z>

ORIGINAL CONTRIBUTION



### The water footprint and nutritional implications of diet change in Mexico: a principal component analysis

Mariana Lares-Michel<sup>1,2</sup> · Fatima Ezzahra Housni<sup>1</sup> · Virginia Gabriela Aguilera Cervantes<sup>1</sup> · Zyanya Reyes-Castillo<sup>1</sup> · Rosa María Michel Nava<sup>2</sup> · Claudia Llanes Cañedo<sup>1</sup> · Madeline de Jesús López Larios<sup>1</sup>

Received: 13 August 2021 / Accepted: 22 March 2022  
© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany 2022

#### Abstract

**Purpose** Nutrition transition (NT) has modified the way that the Mexican population eats, while their body composition has also been modified. These changes have been linked with environmental impacts; however, little is known regarding water footprint (WF). The objective of this paper was to analyze the NT process in Mexico and evaluate its impact on WF using principal component analysis (PCA).

**Methods** A validated Food Consumption Frequency Questionnaire (FCFQ) was modified and applied to 400 adults from the Metropolitan Zone of Guadalajara, Mexico. The WF was calculated according to the WF Assessment Method. PCA and tertiles analysis was carried out to define dietary patterns WFs (DPWF). Questions covering sociodemographic and socio-economic factors, as well as body composition data and physical activity levels were measured.

**Results** The average DPWF was  $6619.58 \pm 3182.62$  L per person per day ( $L \cdot p^{-1} \cdot d^{-1}$ ). We found three DPWF by PCA: Medium NT (55% from the total sample), Healthy plant-based (28%), and High in animal protein (17%). The highest energy consumption, western and Mexican foods intake, and dietary WF were found in Medium NT DPWF, as well as obesity prevalence. Fruits and vegetable consumption was higher in Healthy plant-based DPWF. Muscle mass percentage was higher in the High in animal protein DPWF.

**Conclusions** Although most of the population is currently on Medium NT, new dietary patterns have emerged, where there was found a trend to plant-based diets but also diets high in animal food sources that can influence nutritional status.

**Keywords** Nutrition transition · Traditional Mexican diet · Dietary patterns · Water footprint · Obesity · Western diet

#### Introduction

The nutrition transition (NT) concept was introduced by Popkin [1] and was referred to as “The changes in the way we eat and move and the subsequent effects on the composition of our body throughout the history of man” [2]. This concept was developed to be a model that explains these changes in five patterns: (1) collecting food, (2) famine, (3) receding famine, (4) degenerative diseases; and (5) behavioral change [1]. This process has affected most of the countries around the world [3, 4]. Although initially, NT was almost exclusive of developed and industrialized countries, currently developing countries are also getting affected, specially transitioning from pattern 3 (receding famine) to 4 (degenerative diseases). In this sense, Mexico is a developing country to which NT has been repeatedly referred [4–7]. During twenty century undernutrition and its related consequences were the principal public health

✉ Fatima Ezzahra Housni  
fatima.housni@cusur.udg.mx  
Mariana Lares-Michel  
mariana.lares@hotmail.com

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), University Center of the South, University of Guadalajara, Av. Enrique Arreola Silva 883, Col. Centro, 49000 Ciudad Guzmán, Jalisco, México

<sup>2</sup> Present Address: Institute of Nutrition and Food Technology “José Mataix Verdú”, Biomedical Research Center, University of Granada, Avenida del Conocimiento S/N. Parque Tecnológico de la Salud. Armilla, 18071 Granada, Spain

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Guzmán, Avenida Tecnológico 100, Col. Centro, 49000 Ciudad Guzmán, México



# Artículo 3

Aceptado y publicado en British Journal of Nutrition

doi:10.1017/S0007114523000843

Sustainable-psycho-nutritional intervention program for a sustainable diet (the 'NutriSOS' study) and its effects on eating behavior, diet quality, nutritional status, physical activity, metabolic biomarkers, gut microbiota, and water and carbon footprints in Mexican population: study protocol of an mHealth randomized controlled trial

Mariana Lares-Michel<sup>1,2\*</sup>, Fatima Ezzahra Housni<sup>1</sup>, Zyanya Reyes-Castillo<sup>1</sup>, Jesús R. Huertas<sup>2</sup>, Virginia Gabriela Aguilera Cervantes<sup>1</sup>, and Rosa María Michel Nava<sup>3</sup>

1. Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), University Center of the South, University of Guadalajara. Address: Av. Enrique Arreola Silva 883, Col. Centro. Zip Code: 49000, Cd. Guzmán, Jalisco, México.

2. Institute of Nutrition and Food Technology "José Mataix Verdú", Biomedical Research Center, University of Granada, Avenida del Conocimiento S/N. Parque Tecnológico de la Salud. Armilla, 18071 Granada, Spain

3. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Guzmán. Address: Avenida Tecnológico 100, Col. Centro. Zip Code: 49000. Ciudad Guzmán, México.

Factor de impacto: 3.6

JCR Category Rank Q3: Nutrition & Dietetics

British Journal of Nutrition, page 1 of 16  
© The Author(s), 2023. Published by Cambridge University Press on behalf of The Nutrition Society. doi:10.1017/S0007114523000843

### Sustainable-psycho-nutritional intervention programme for a sustainable diet (the 'NutriSOS' study) and its effects on eating behaviour, diet quality, nutritional status, physical activity, metabolic biomarkers, gut microbiota and water and carbon footprints in Mexican population: study protocol of an mHealth randomised controlled trial

Mariana Lares-Michel<sup>1,2\*</sup>, Fatima Ezzahra Housni<sup>1</sup>, Zyanya Reyes-Castillo<sup>1</sup>, Jesús R. Huertas<sup>1</sup>, Virginia Gabriela Aguilera-Cervantes<sup>1</sup> and Rosa María Michel-Nava<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nutrition and Food Technology 'José Mataix Verdú', Biomedical Research Center, University of Granada, Avenida del Conocimiento S/N, Parque Tecnológico de la Salud, Armilla, 18071 Granada, Spain  
<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), University Center of the South, University of Guadalajara, Av. Enrique Arreola Silva 883, Col. Centro, 49000, Cd. Guzmán, Jalisco, Mexico  
<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Guzmán, Avenida Tecnológico 100, Col. Centro, 49000 Ciudad Guzmán, Mexico

(Submitted 27 September 2022 – Final revision received 6 February 2023 – Accepted 22 March 2023)

**Abstract**  
Mexico is going through an environmental and nutritional crisis related to unsustainable dietary behaviours. Sustainable diets could solve both problems together. This study protocol aims to develop a three-stage, 15-week mHealth randomised controlled trial of a sustainable-psycho-nutritional intervention programme to promote Mexican population adherence to a sustainable diet and to evaluate its effects on health and environmental outcomes. In stage 1, the programme will be designed using the sustainable diets, behaviour change wheel and capability, opportunity, motivation, and behaviour models. A sustainable food guide, recipes, meal plans and a mobile application will be developed. In stage 2, the intervention will be implemented for 7 weeks, and a 7-week follow-up period in a young Mexican adults (18–35 years) sample, randomly divided (1:1 ratio) into a control group (*n* 50) and an experimental group (*n* 50), will be divided into two arms at week 8. Outcomes will include health, nutrition, environment, behaviour and nutritional-sustainable knowledge. Additionally, socio-economics and culture will be considered. Thirteen behavioural objectives will be included using successive approaches in online workshops twice a week. The population will be monitored using the mobile application consisting of behavioural change techniques. In stage 3, the effects of the intervention will be assessed using mixed-effects models on dietary intake and quality, nutritional status, physical activity, metabolic biomarkers (serum glucose and lipid profile), gut microbiota composition and dietary water and carbon footprints of the evaluated population. Improvements in health outcomes and a decrease in dietary water and carbon footprints are expected.

**Key words:** Sustainable diets: Behaviour change: Eating behaviour: MHealth intervention: Gut microbiota: Diet's environmental impact: Nutritional education: Environmental education: Mexican population: Water footprint: Carbon footprint

The following protocol paper has been written in accordance with the SPIRIT (Standard Protocol Items: Recommendations for Interventional Trials) guidelines<sup>(1)</sup>.

**Introduction**  
The change from the traditional Mexican diet to a Western diet (i.e. increases in animal and ultra-processed foods intake and decreases in the consumption of fruits, vegetables, whole grains, legumes and nuts), generated by the nutritional transition, has not only precipitated a prevalence of more than 75% of metabolic alterations (obesity, type 2 diabetes, CVD, dyslipidaemia)<sup>(2–4)</sup> and in the gut microbiota of the Mexican population<sup>(5)</sup>, but it has also generated the water and carbon footprints of their diet to be among the highest in the world with more than 8000 l per person per day (l p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>)<sup>(6)</sup> and 3.9 kg CO<sub>2</sub>eq p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>.

**Abbreviation:** RCT, randomised controlled trial.  
**\* Corresponding author:** Mariana Lares-Michel, email [marianalares@comeso.ugr.es](mailto:marianalares@comeso.ugr.es)

# Otros artículos elaborados durante el doctorado

## Artículo 4

Aceptado y publicado en Gut Microbiome

doi: <https://doi.org/10.1017/gmb.2023.13>

Sustainable-psycho-nutritional intervention program for a sustainable diet (the 'NutriSOS' study) and its effects on eating behavior, diet quality, nutritional status, physical activity, metabolic biomarkers, gut microbiota, and water and carbon footprints in Mexican population: study protocol of an mHealth randomized controlled trial

Mariana Lares-Michel<sup>1,2\*</sup>, Zyanya Reyes-Castillo<sup>1</sup>, and Fatima Ezzahra Housni<sup>1</sup>

1. Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), University Center of the South, University of Guadalajara. Address: Av. Enrique Arreola Silva 883, Col. Centro. Zip Code: 49000, Cd. Guzmán, Jalisco, México.

2. Institute of Nutrition and Food Technology "José Mataix Verdú", Biomedical Research Center, University of Granada, Avenida del Conocimiento S/N. Parque Tecnológico de la Salud. Armilla, 18071 Granada, Spain

Cambridge University Press

Gut Microbiome (2023), 4, e15, 1–16  
doi:10.1017/gmb.2023.13



REVIEW

### Towards the characterisation of sustainable diet's gut microbiota composition and functions: A narrative review

Mariana Lares-Michel<sup>1,2</sup>, Zyanya Reyes-Castillo<sup>2</sup> and Fatima Ezzahra Housni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nutrition and Food Technology "José Mataix Verdú", Biomedical Research Center, University of Granada, Avenida del Conocimiento S/N. Parque Tecnológico de la Salud, Armilla, 18071 Granada, Spain

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara, Av. Enrique Arreola Silva 883, Col. Centro, 49000, Cd. Guzmán, Jalisco, México

**Corresponding author:** Mariana Lares-Michel; Email: [marianalares@correo.ugr.es](mailto:marianalares@correo.ugr.es)

(Received 30 September 2022; revised 12 August 2023; accepted 14 August 2023)

#### Abstract

The gut microbiome is a key element for health preservation and disease prevention. Nevertheless, defining a healthy gut microbiome is complex since it is modulated by several factors, such as host genetics, sex, age, geographical zone, drug use, and, especially, diet. Although a healthy diet has proven to increase microbial alpha and beta diversity and to promote the proliferation of health-related bacteria, considering the current environmental and nutritional crisis, such as climate change, water shortage, loss of diversity, and the obesity pandemic, it should be highlighted that a healthy diet is not always sustainable. Sustainable diets are dietary patterns that promote all dimensions of people's health and well-being while exerting low pressure on the environment, and being accessible, affordable, safe, equitable, and culturally acceptable. Examples of diets that tend to be sustainable are the Planetary Health Diet of the EAT–Lancet Commission or territorial diets such as the Mediterranean and the Traditional Mexican diet (milpa diet), adapted to specific contexts. These diets are principally plant-based but include small or moderate amounts of animal-based foods. Characterising the effects of sustainable diets on gut microbiota is urgent to ensure that the benefits for human health are aligned with environmental preservation and respect the sociocultural aspects of individuals.

**Keywords:** sustainable diets; gut microbiota; gut microbiome; plant-based diets; planetary health

#### Introduction

Currently, we know the gut microbiome is one of the most critical determinants of health and its alterations are associated with the development of chronic degenerative diseases (Vijay and Valdes, 2022). It also regulates several immunological, metabolic, physiological, and structural functions and even has a role in behaviour (Johnson and Foster, 2018; Vijay and Valdes, 2022). The gut microbiome is modulated by several factors, such as genetics, sex, age, geographical zone, drug use, and, especially, diet. The understanding of the role of diet in the composition and functions of gut microbiota has increased significantly in the past decade (Rinninella et al., 2023). Growing research indicates that a healthy diet could be the key element of a "healthy" gut microbiome, which is composed of bacteria generally associated with metabolic health and with little or no pathogenic bacteria. However, it is essential to mention that a healthy gut microbiome can vary significantly across hosts since each human can respond differently to the same nutrients, and the same bacteria can have different effects on each individual

© The Author(s), 2023. Published by Cambridge University Press in association with The Nutrition Society. This is an Open Access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution licence (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted re-use, distribution and reproduction, provided the original article is properly cited.

<https://doi.org/10.1017/gmb.2023.13> Published online by Cambridge University Press

## Anexo 2. Registro ante comité de ética



<http://www.ceic.cucba.udg.mx>

Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento

C/ Francisco de Quevedo #180

44130, Col. Arcos Vallarta

Guadalajara, Jal. (México)

Tlf.: + 52-33-38 18 07 30 ext. 33301

**CUCBA/CEIC/CE/002/2022**

Por medio de la presente, el Comité de Ética del Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento, de la Universidad de Guadalajara, avala el protocolo experimental utilizado en el estudio con título **“PROGRAMA DE INTERVENCIÓN PSICO-NUTRICIONAL-SOSTENIBLE Y SU EFECTO SOBRE LA HUELLA HÍDRICA Y DE CARBONO, BIOMARCADORES METABÓLICOS Y MICROBIOTA INTESTINAL EN POBLACIÓN MEXICANA”** que, como proyecto de tesis, se desarrollará en el Doctorado en Ciencia del Comportamiento con orientación en Alimentación y Nutrición de la Universidad de Guadalajara.

Dicha investigación será realizada por **Mariana Lares Michel**, alumna del Doctorado en Ciencia del Comportamiento con orientación y Nutrición, bajo la dirección de la Dra. Fatima Ezzahra Housni, como segunda codirectora la Dra. Zyanya Reyes Castillo y como tercer codirector el Dr. Jesús Francisco Rodríguez Huertas.

Atentamente  
**“Piensa y Trabaja”**  
Guadalajara, Jal. 27 de marzo de 2022

**DR. GERARDO ALFONSO ORTIZ RUEDA**  
Secretario del Comité de Ética  
Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento  
CUCBA, Universidad de Guadalajara



Universidad de Guadalajara

CUCBA

