



**Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo, A.C.**

**ESTADO NUTRICIO, PATRONES DIETARIOS E INGESTIÓN
DE EDULCORANTES NO CALÓRICOS DE ESCOLARES EN
ZONAS SEMI-MARGINADAS DE HERMOSILLO, SONORA**

Por

MIRIAM HERNÁNDEZ TORRES

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACIÓN DE NUTRICIÓN

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Miriam Hernández Torres, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias



Dra. Ana María Calderón de la Barca
Directora de tesis



Dra. Verónica Mata Haro
Integrante del comité de tesis



Dr. Humberto F. Astiazarán García
Integrante del comité de tesis



Dr. Adrián Hernández Mendoza
Integrante del comité de tesis

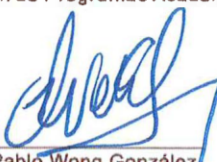
DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en la tesis “Estado Nutricio, Patrones Dietarios e Ingestión de Edulcorantes no Calóricos de Escolares de Zonas Semi-marginadas de Hermosillo, Sonora” es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial de la autora Miriam Hernández Torres, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita de quien ocupe la titularidad de la Dirección General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del director(a) de tesis.



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.**
Coordinación de Programas Académicos



Dr. Pablo Wong González
Director General

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado durante los dos años de maestría.

Al Centro de Investigación de Alimentación y Desarrollo A.C, (CIAD, A.C.) por permitirme realizar mis estudios de Maestría en Ciencias y brindarme el apoyo necesario para mi formación profesional.

A la Dra. Ana María Calderón de la Barca, por la entrega a su labor y sobre todo a sus alumnos. Por creer en mí y alentarme a creer en mí misma.

A los miembros de mi comité de tesis: Dra. Verónica Mata Haro, Dr. Humberto Astiazarán García y Dr. Adrián Hernández Mendoza que, aunque no hubo oportunidad de conocernos mejor, agradezco sus comentarios y sugerencias tan acertados.

A los directores y maestros de las escuelas primarias en las que realizamos este trabajo de investigación, por abrirnos las puertas de sus planteles educativos. Sin su ayuda no habríamos logrado el reclutamiento suficiente de participantes.

Al Dr. Luis Quihui, por brindarnos acceso a las instalaciones de su laboratorio para el análisis de muestras biológicas.

A el Q.B. René Valenzuela Miranda, por acompañarme a las entrevistas y la colecta de muestras, por sus pláticas, risas, apoyo y buena disposición.

A la M.C. Adriana Bolaños Villar, por su ayuda académica, pláticas, consejos y hacer mi estancia más amena en el laboratorio.

A la Dra. Sandra Aguayo Patrón, por siempre darme palabras de aliento, por su paciencia, conocimiento e imprescindible ayuda en los análisis de las muestras. Gracias por las pláticas y los ánimos. Eres una gran persona en todos los aspectos.

A mi compañera de cubículo y amiga, Alejandra, por escucharme, siempre darme ánimos, consejos académicos y personales. Me llevo una bonita amistad. Te deseo todo el éxito del mundo, que sé que tendrás.

A mi compañera de maestría Laura María, por caminar junto a mí este camino. Gracias por las pláticas, risas y raites.

A Mayra, por escucharme, aconsejarme y siempre tener algo bueno que decirme. Gracias por hacer mi estancia más amena en Hermosillo, por los cafés y las risas. Aprecio mucho tu amistad y te espero en Puebla.

A Kevin, que conocí en la maestría, pero se volvió mi amigo incondicional en toda mi estancia en el CIAD y en Hermosillo. Gracias por siempre motivarme, por tus consejos, pláticas, risas, momentos de diversión y en general por tu amistad. Sin ti, este camino hubiera sido más pesado.

A mi hermano, por siempre creer en mí y motivarme todos los días.

A mi familia que sé que su amor y apoyo me acompañan donde quiera que vaya.

DEDICATORIA

A mis padres:

Ustedes son mi fortaleza, mi guía e inspiración. Gracias por su apoyo incondicional, por sus palabras reconfortantes y consejos tan asertivos, por nunca dejarme caer. Sin ustedes este logro no hubiera sido posible.

Los amo infinitamente.

CONTENIDO

APROBACIÓN.....	2
DECLARACION INSTUCIONAL.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
DEDICATORIA.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE CUADROS.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	14
2.1 Dieta y Estado Nutricio de Niños Escolares.....	14
2.2 Alimentos Industrializados.....	16
2.2.1 Alimentos Ultra-procesados: Características y Tipos.....	16
2.2.2 Prevalencia del Consumo de Alimentos Industrializados.....	18
2.2.3 Consumo de Ultra-procesados en Escolares.....	19
2.3 Patrones Dietarios.....	20
2.3.1 Patrón Dietario Saludable.....	22
2.3.2 Patrón Dietario Deficiente.....	23
2.3.3 Patrón Dietario Ultra-procesado.....	23
2.4 Microbiota Intestinal y Dieta.....	24
2.5 Microbiota Intestinal en la Etapa Escolar.....	26
3. HIPÓTESIS.....	29
4. OBJETIVOS.....	30
4.1. Objetivo General.....	30
4.2. Objetivos Particulares.....	30
5. PARTICIPANTES Y MÉTODOS.....	31
5.1 Diseño de Estudio y Participantes.....	31
5.2 Evaluación Antropométrica.....	31
5.3 Evaluación de la Dieta.....	32
5.3.1 Consumo de Ultra-procesados y Edulcorantes No Calóricos.....	32
5.3.2 Patrones Dietarios.....	32
5.4 Análisis de <i>Bacteroides spp</i> en la Microbiota.....	33
5.5 Análisis de Datos.....	34
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
6.1 Descripción de la Muestra.....	35
6.2 Parámetros Antropométricos.....	35
6.3 Características de la Dieta.....	37

CONTENIDO (continuación)

6.3.1 Consumo de Ultra-procesados con Edulcorantes No Calóricos.....	39
6.3.2 Patrones Dietarios.....	43
6.4 Interrelaciones entre Dieta, Estado Nutricio y Microbiota.....	47
6.4.1 Patrones Dietarios y Estado Nutricio	47
6.4.2 Patrones Dietarios y <i>Bacteroides spp</i>	49
7. CONCLUSIÓN.....	53
8. REFERENCIAS.....	54
9. ANEXOS.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Estado nutricional de escolares de 8 a 11 años.....	36
2	Alimentos ultra-procesados más consumidos por los niños.....	40
3	Puntaje Z de IMC para la edad de escolares según patrón dietario.....	49
4	Comparación de la proporción de <i>Bacteroides</i> de acuerdo con el patrón dietario consumido por los niños.....	50

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Secuencias de iniciadores utilizados en qPCR para el análisis de <i>Bacteroides</i>	33
2	Características descriptivas de los participantes en el estudio.....	35
3	Estado nutricional de escolares de escuela primaria ubicada en zona con muy bajo grado de marginación.....	37
4	Consumo de energía, macro y micronutrientes de los escolares.....	38
5	Alimentos ultra-procesados que contienen edulcorantes no calóricos, consumidos por los niños con más frecuencia.....	41
6	Consumo de energía, macro y micronutrientes según patrón dietario.....	44
7	Asociación entre la abundancia de <i>Bacteroides</i> y el consumo de macronutrientes.....	51

RESUMEN

Los patrones dietarios de los escolares, han derivado hacia alimentos ricos en grasas, sodio y azúcar, disminuyendo los bien balanceados; se desconoce hasta dónde la pandemia y el confinamiento de dos años, ha afectado dichos patrones. Así, nuestro objetivo fue evaluar en escolares hermosillenses de zonas semi-marginadas, el estado nutricional y la dieta en cuanto a patrones establecidos previo al COVID-19, con énfasis en alimentos ultra-procesados y sus edulcorantes no calóricos, incluyendo su efecto sobre el enterotipo *Bacteroides*. Se midieron peso y talla, se calculó el puntaje Z de IMC para la edad, se evaluó la dieta con recordatorio de 24 horas, en 100 escolares de zonas semi-marginadas y 30 de zona con menor marginación y se asignaron a tres patrones dietarios, a saber, ultra-procesado, saludable y deficiente. Además, se cuantificó, por PCR, la proporción de *Bacteroides* en su microbiota. El 45% de los escolares de zonas semi-marginadas, se encontraba en patrón deficiente, 30% en ultra-procesado y 25% en el saludable. Las prevalencias de sobrepeso y obesidad fueron 22 y 32% respectivamente, sin diferencia ($p>0.05$) entre patrones dietarios. Hubo diferencias ($p<0.05$) en la ingestión de grasas totales y saturadas, aunque fueron elevadas en los tres patrones dietarios; así también difirieron proteínas, carbohidratos, fibra y micronutrientes. Los alimentos ultra-procesados más consumidos fueron las bebidas azucaradas y otras golosinas, con edulcorantes no calóricos como acesulfame K, aspartame y sucralosa. No hubo diferencias ($p>0.05$) en la abundancia de *Bacteroides* entre patrones dietarios, pero sí asociaciones con el consumo de grasas totales y saturadas. En escolares hermosillenses de zonas semi-marginadas, la distribución de los patrones dietarios ya inadecuados, se afectó con el confinamiento, incrementando la proporción con patrón deficiente. Independientemente del patrón dietario, las prevalencias de sobrepeso y obesidad fueron muy altas, por la elevada ingestión de grasas. La ingestión de edulcorantes no calóricos fue excesiva, destacándose en los de patrones ultra-procesado y deficiente. Si no se toman medidas, estas tendencias se perpetuarían, favoreciendo el sobrepeso y obesidad, así como el riesgo de enfermedades, en etapas posteriores.

Palabras clave: escolares, estado nutricional, patrones dietarios, edulcorantes

ABSTRACT

The dietary patterns of schoolchildren have changed to foods rich in fat, sodium, and sugar, decreasing the well-balanced ones; it is unknown to what extent the pandemic and its 2-years confinement have affected these patterns. Thus, our objective was to evaluate in schoolchildren from semi-marginalized areas of Hermosillo, the nutritional status and the previous to COVID-19 dietary patterns, with emphasis on ultra-processed foods and their non-caloric sweeteners, including their effect on the *Bacteroides* enterotype. We measured weight and height for BMI Z-score for age calculation, and applied 24-h dietary recalls, in 100 schoolchildren from semi-marginalized areas and 30 from areas with less marginalization: Accordingly, we assigned children to three dietary patterns: ultra-processed, healthy and deficient; in addition, we quantified *Bacteroides* in their feces by qPCR. Forty-five percent of the schoolchildren from semi-marginalized areas had a deficient pattern, 30% had an ultra-processed pattern, and 25% had a healthy pattern. Overweight and obesity prevalence were 22% and 32%, respectively, with no difference ($p>0.05$) among dietary patterns. Intake of total and saturated fats were high into the three dietary patterns with significant differences ($p<0.05$) each other; proteins, carbohydrates, fiber, and micronutrients also differed. The most consumed ultra-processed foods were beverages and other sweets, with non-caloric sweeteners such as acesulfame K, aspartame, and sucralose. There were no differences ($p>0.05$) in the abundance of *Bacteroides* among dietary patterns, but there were associations with the consumption of total and saturated fats. Dietary intake of schoolchildren from semi-marginalized areas already inadequate were even more affected after confinement by increasing the proportion with a deficient pattern. Regardless of the dietary pattern, the prevalence of overweight and obesity were very high, due to the high fat intake. The ingestion of non-caloric sweeteners was excessive, standing out in the ultra-processed and deficient patterns. If no action is taken, these trends will perpetuate, favoring overweight and obesity, as well as the disease risks later in life.

Key words: schoolchildren, nutritional status, dietary patterns, sweeteners.

1. INTRODUCCIÓN

Los patrones dietéticos y la calidad y adecuación de la ingesta de alimentos son factores determinantes del estado nutricional. En los últimos años, se ha centrado el interés en el estudio de patrones dietarios, más que en nutrientes aislados o grupos de alimentos, ya que reflejan mejor el efecto global y complejo de la dieta. Los patrones dietéticos caracterizados por ingesta frecuente de cereales refinados, carnes rojas y alimentos ultra-procesados, denominada como dieta occidental, se han asociado con una mayor prevalencia e incidencia de sobrepeso y obesidad y otras enfermedades crónicas (Flores *et al.*, 2021; Kong *et al.*, 2014).

Entre 2014 y 2019, el consumo de alimentos ultra-procesados en América Latina creció más del 25%, en paralelo con el aumento del contenido de edulcorantes añadidos (FAO, 2019a; Latasa *et al.*, 2018). Dicho crecimiento, a su vez es concomitante con el aumento en las prevalencias de sobrepeso y obesidad en poblaciones de todo el mundo, especialmente en los niños. En México, en escolares de 5 a 11 años, la suma de sobrepeso y obesidad ha aumentado de 35.5% en 2018 a 38.2% en 2020 (ENSANUT Covid-19, 2020).

Las dietas desequilibradas, con altos contenido calórico y de aditivos alimentarios, así como pobre ingestión de fibra dietética durante la niñez, no solo afectan el estado nutricional, sino la salud a corto y largo plazo. Los efectos se reflejan en enfermedades crónico-degenerativas, así como en trastornos gastrointestinales y enfermedades inflamatorias, relacionadas frecuentemente, con el desequilibrio en la microbiota intestinal (Conlon y Bird, 2015). Para una buena planeación de intervenciones a nivel de dieta, en especial en población escolar de ambientes socioeconómicos limitados, es necesario evaluar el consumo actual de alimentos y sus efectos en el estado nutricional. Esto, es especialmente importante después de dos años de permanencia obligatoria en casa, debido a la pandemia de COVID-19. En el Estado de Sonora, solo a partir del semestre iniciado en enero del 2022, los niños regresaron a clases presenciales.

En este contexto, el objetivo de esta tesis, fue evaluar en escolares hermosillenses de zonas semi-marginadas, el estado nutricional y la dieta en cuanto a patrones establecidos previo al COVID-19, con énfasis en alimentos ultra-procesados con edulcorantes no calóricos, incluyendo su efecto en la proporción de *Bacteroides spp*, un indicador de la microbiota.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Dieta y Estado Nutricio de Niños Escolares

En los niños en periodo escolar, correspondiente a la educación primaria, con edades entre 6 y 12 años, es imprescindible una alimentación saludable para crecimiento y desarrollo óptimos (Polanco Allué, 2005). El acto de comer puede ser un medio educativo para la adquisición de hábitos saludables que repercuten en el comportamiento nutricional a corto, mediano y largo plazo (González-Calderón y Expósito de Mena, 2020). Los escolares adoptan gradualmente hábitos dietéticos que son en gran parte influenciados por la familia, las preferencias individuales, el acceso a los alimentos y su costo (Qiu y Hou, 2020). En las últimas décadas, diversos factores han influido en gran medida en el desarrollo económico, estilos de vida, junto al abandono del campo y el crecimiento de la urbanización, para una transición acelerada de patrones dietéticos. Dicha transición es especialmente notoria en México y otros países latinoamericanos (García-Chávez *et al.*, 2018).

Tradicionalmente, la dieta mexicana se basaba en alimentos de origen vegetal, como tubérculos, leguminosas, frutas, maíz y otros granos, así como huevos y animales de corral producidos localmente. Ahora, las preferencias alimentarias se han desplazado por alimentos ultra-procesados y envasados, no recomendables por sus efectos en la salud (ENSANUT, 2018; Monteiro *et al.*, 2016).

Dada la complejidad de la ingesta dietética, debido a los rápidos cambios en el consumo de alimentos, la epidemiología de la nutrición se ha movido hacia el estudio de los patrones dietéticos, para evaluar los efectos aglomerados y complejos de la exposición a alimentos y nutrientes en la salud (Quatromoni *et al.*, 2002). Así, se han detectado patrones en niños, con bajo aporte de frutas, verduras, granos integrales y lácteos bajos en grasa; cada vez con más azúcares agregados, granos refinados, botanas y carnes procesadas, todo lo que se asocia al aumento de grasa corporal e IMC, en la adolescencia (Boushey *et al.*, 2020). Tales tendencias, juegan un papel potencial en el desarrollo de la obesidad y de otras enfermedades metabólicas crónicas (Chen *et al.*, 2020).

En México, el sobrepeso y la obesidad son un grave problema de salud tanto en adultos como en niños; de hecho, la obesidad infantil ha aumentado de forma alarmante en los últimos años y es considerado uno de los mayores retos de salud pública (Bösch et al. 2018). La ENSANUT 2018, informó de prevalencias de sobrepeso y obesidad nacional en escolares de 5 a 11 años, de 18% y 17.5%, respectivamente, cifras al alza (19.6% y 18.6%, respectivamente), solo dos años después (ENSANUT Covid-19, 2020). Según los datos de esas encuestas, hay mayor tendencia de sobrepeso en mujeres (21.6%), mientras que la obesidad es mayor en hombres (21.5%). De acuerdo con la localidad, las mayores prevalencias de sobrepeso y obesidad fueron en la zona urbana con 20.1% y 19.2%, respectivamente, en comparación con la zona rural, con 18% y 16.5% respectivamente.

En el noroeste de México, la prevalencia de sobrepeso de escolares fue del 20%, valor mayor que el promedio en el país (ENSANUT, 2018). Esto, podría tener relación con los patrones dietarios, ya que, en un estudio realizado en el noroeste del país, en comunidades pesqueras, se encontró que los niños no cubren ni un tercio de la recomendación de frutas y verduras, independientemente de su estado de inseguridad alimentaria (Murillo-Castillo *et al.*, 2020). Según Vergara et al. (2022), quienes tomaron en cuenta los determinantes socioeconómico y sociodemográfico de las madres, los bajos niveles educativo y de ingreso de las madres, se asoció a un menor consumo de frutas y verduras por los escolares.

Algunos estudios prospectivos como el de Chang et al. (2021) y el de Vedovato et al. (2021), han demostrado una asociación positiva entre el consumo de alimentos ultra-procesados en escolares y su puntuación Z del IMC para la edad. Sin embargo, otros estudios como el de Oliveira et al. (2020) en niños brasileños de 7-10 años, no encontraron asociación entre la energía aportada por los alimentos según el grado de procesamiento y los indicadores antropométricos como IMC para la edad, circunferencia de cintura y la relación de cintura estatura. Quizá si hubieran agrupado a los niños por patrones dietarios, sí hubieran encontrado asociación. De hecho, sí la hubo en la presión arterial, menor en los niños cuya dieta aportaba más energía de alimentos con procesamiento mínimo, que en aquellos con mayor ingestión de ultra-procesados.

Así, los aumentos globales de obesidad y las enfermedades no transmisibles relacionadas con la alimentación han creado la necesidad de nuevas iniciativas para implementar estrategias que favorezcan hábitos alimenticios saludables a edades tempranas, En esta forma, se intenta prevenir enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación y estilo de vida.

2.2. Alimentos Industrializados

Los alimentos industrializados, son procesados en la industria alimentaria, transformados en productos con altos niveles de producción, distribución y comercialización a través de máquinas, equipos y fuerza de trabajo. Los alimentos industrializados no son exclusivos de las grandes empresas; se pueden producir en pequeña y gran escala por lo que son de fácil acceso. Entre ellos, se encuentran los alimentos congelados, enlatados, listos para cocinar, calentarse o consumirse. A estos alimentos se les incorporan aditivos cuyo fin, además de preservarlos, es mejorar sus características organolépticas tales como color, aroma, sabor y textura (ITAL, 2021; FAO, 2020). De acuerdo con la clasificación NOVA que se basa en la tecnología alimentaria considerando naturaleza, finalidad y grado de procesamiento (Pagliai *et al.*, 2021), los alimentos conforman varias categorías. Los alimentos sin procesar o mínimamente procesados ocupan el primer lugar de la lista, los ingredientes culinarios procesados el segundo, los procesados el tercero y los ultra-procesados la cuarta y última categoría (OPS, 2015).

2.2.1 Alimentos Ultra-procesados: Características y Tipos

El procesamiento de alimentos es un término bastante amplio que abarca cuestiones de salud, alimentación y nutrición. Primeramente, hay que aclarar que muchos alimentos y bebidas sufren algún tipo de procesamiento, aunque sea mínimo, ya que en su forma original pudieran no ser apetecibles o comestibles, a menos que se sometan a preparación o cocción (Monteiro y Cannon, 2012). Los alimentos son alterados al congelarlos, molerlos, deshidratarlos, enlatarlos o mezclarlos entre sí (FAO, 2020).

Los alimentos ultra-procesados son aquellos productos compuestos por diferentes ingredientes que fueron desarrollados de manera industrial a partir de sustancias extraídas de otros alimentos (Gibney, 2018). Estos alimentos son preparaciones tan procesadas a tal punto que su fuente natural vegetal o animal es prácticamente irreconocible. El objetivo del ultra-procesamiento es elaborar productos que se conserven durante más tiempo y que sean muy apetecibles para el consumidor,

además que dejen una buena ganancia al industrial. La mayoría de estos alimentos son producidos para consumo directo, como botanas, aquellos para calentar en microondas o bien listos para servir; es decir; no requieren prácticamente ningún tipo de preparación (FAO, 2020; OPS/OMS, 2017).

Generalmente, los productos ultra-procesados contienen baja proporción de proteínas, fibra dietética, micronutrientes y fitoquímicos; tienen alto contenido de edulcorantes o azúcares libres o añadidos, grasas saturadas, grasas trans y sodio. Además, contienen aditivos que incluyen conservadores, emulsionantes, estabilizantes, espesantes, aglutinantes y edulcorantes. También se usan como aditivos, sustancias para aumentar el volumen, resaltar aroma y sabor o impartir colores. Otros componentes se obtienen con tecnologías industriales, como la hidrogenación para generar grasas trans, la hidrólisis de proteínas, así como la extrusión, moldeado y remodelado, para la transformación de almidones (OPS, 2019 y OPS, 2015).

Las características nutricionales y metabólicas de las formulaciones alimentarias ultra-procesadas pueden tener repercusiones en la salud, si su calidad nutricia es deficiente. Habitualmente, los productos ultra-procesados presentan alta densidad energética y pueden llegar a ser adictivos, debido a su calidad sensorial. Más allá de su composición nutricional, los alimentos ultra-procesados también podrían explicar sus efectos adversos a través de otros mecanismos. En este sentido, se pueden formar compuestos con efectos adversos durante el procesamiento del alimento, por lo que son más comunes que en los alimentos no procesados. Sin embargo, muchas veces se promocionan como productos saludables, debido a la adición de vitaminas y sustancias bioactivas, lo que con frecuencia genera confusión en la opinión del consumidor (OPS, 2015; Trasande *et al.*, 2018).

Por otro lado, la Academia Estadounidense de Pediatría destaca la preocupación por las sustancias en contacto con los alimentos durante el envasado (Trasande *et al.*, 2018). Dentro de éstos, hay colorantes, aromatizantes, productos químicos añadidos (ftalatos) durante el procesamiento y compuestos sintéticos de los materiales como el bisfenol A y el S; xenhormonas presentes en el envase, que entran en contacto con los alimentos. La inquietud se debe al efecto sobre el sistema endócrino en la vida temprana, cuando la programación del desarrollo de órganos es vulnerable a una interrupción temprana y de por vida (Trasande *et al.*, 2018; Diamanti-Kandarakis *et al.*, 2009; Landrigan y Goldman, 2011)

Para favorecer su compra, los productos ultra-procesados se anuncian y distribuyen estratégicamente gracias al apoyo de los medios de comunicación. A medida que incrementa la

venta y su consumo en todo el mundo, también aumenta el riesgo de efectos adversos en niños y adolescentes, ya que tienen la distinción de ser sus principales consumidores (Khandpur *et al.*, 2020).

2.2.2 Prevalencia del Consumo de Alimentos Industrializados

En los últimos 50 años, el procesamiento de alimentos ha evolucionado enormemente como resultado de la industrialización y globalización de los sistemas de alimentación. El mundo entero ha sido víctima de la exagerada transición de los patrones de consumo de alimentos. El cambio inició en países desarrollados, con ingresos altos y medios y posteriormente, en todo el mundo (Chen *et al.*, 2020), donde representan 26 a 60% de la energía total ingerida (Srouf *et al.*, 2020).

En México la tasa de crecimiento en la venta de alimentos ultra-procesados en los últimos años fue del 29.2%, lo que lo ha consolidado como el minorista número uno en América Latina y el número cuatro entre 80 países del mundo (Marrón-Ponce *et al.*, 2018). De hecho, la ONU informó que México es el país de América Latina y el Caribe donde es más común la ingesta de alimentos ultra-procesados. Se estima que una persona consume al día alrededor de 581 g de éstos, lo que representa casi el 30% de su consumo calórico total. Así mismo, en materia de alimentación a nivel mundial, el hambre y la inseguridad alimentaria están aumentado a la par que el sobrepeso y la obesidad (FAO, 2019b). Lo anterior, representa un desafío debido a que es necesario resolver los múltiples problemas asociados a la malnutrición en todas sus formas.

Diversos estudios sugieren que el consumo a temprana edad de alimentos ultra-procesados desempeña un papel relevante en el aumento de la obesidad abdominal, desarrollo de resistencia a la insulina y el aumento de los perfiles lipídicos. Los análisis llegan a relacionarlos con enfermedades respiratorias, alergias e intolerancias alimentarias en niños (Costa *et al.*, 2019; Moreno-Galarraga *et al.*, 2021; Worm, 2011; Aguayo-Patrón & Calderón de la Barca, 2017). Por esto, suponen un importante factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades futuras.

2.2.3 Consumo de Ultra-procesados en Escolares

En México, la obesidad y las enfermedades crónicas no transmisibles son un grave problema de salud pública. De acuerdo con lo reportado en la ENSANUT (2018), los escolares de 5 a 11 años representaron el porcentaje de la población que consume mayor cantidad de alimentos no recomendados (bebidas no lácteas endulzadas, botanas, dulces y postres, cereales dulces, bebidas lácteas endulzadas y carnes procesadas), en comparación con otros grupos de edad. Por este motivo, es de vital importancia fomentar estilos de vida saludables desde la infancia durante la cual un patrón de alimentación adecuado es imprescindible para la prevención del sobrepeso y la obesidad (Nieto-Orozco *et al.*, 2017).

Un estudio realizado por Marrón-Ponce *et al.* (2018) sobre la dieta mexicana, reportó que la contribución energética de los ultra-procesados, fue mayor en niños de edad preescolar frente a otros grupos de edad. Esto sugiere que su consumo continuará en la siguiente etapa escolar y así sucesivamente a lo largo de su vida. Según Filgueiras *et al.* (2019), entre los niños con sobrepeso de 9 a 11 años, el 95% muestra al menos uno de los siete síntomas de adicción a la comida y el 24% se diagnosticó con tal problema. Asimismo, se detectó una tendencia mayor al consumo de azúcar añadida y alimentos ultra-procesados entre los diagnosticados. Estos informes, refuerzan la importancia de estrategias efectivas para prevenir el consumo excesivo de alimentos ultra-procesados, especialmente en edades tempranas.

Estudios en Reino Unido, Estados Unidos de América y Canadá mencionan que más del 50% de las calorías consumidas por los niños provienen de alimentos ultra-procesados (Martines *et al.*, 2019; Neri *et al.*, 2019; Moubarac *et al.*, 2017). Incluso, estudios en países europeos refieren que el consumo de alimentos ultra-procesados en la gran parte de la población de niños, adolescentes y adultos es de casi la mitad de la ingesta energética diaria, disminuyendo esta tendencia progresivamente con la edad. Los alimentos ultra-procesados contribuyeron con más del 50% de la ingesta diaria de grasas totales, saturadas y carbohidratos y 70% de la ingesta de azúcares en niños y adolescentes, datos que se asociaron con una menor calidad de la dieta (Lauria *et al.*, 2021). Martini *et al.* (2021) encontraron que el aumento en el consumo de ultra-procesados, se correlacionó con un aumento de azúcares libres, grasas totales y grasas saturadas, así como en una importante disminución de fibra, proteínas, potasio, zinc y magnesio y vitaminas A, C, D, E, B12

y niacina. Esto, afecta negativamente la calidad nutricional de las dietas, sin mencionar el efecto adverso que tienen a nivel de estrés oxidativo y la inflamación, al modificar la riqueza y diversidad de la microbiota intestinal.

Así, el desmesurado consumo de ultra-procesados se ha convertido en un problema, no solo de salud pública mundial, sino también social, económico, ambiental e incluso cultural (OPS, 2015; OPS/OMS, 2017).

2.3 Patrones Dietarios

Los hábitos alimentarios en México han padecido cambios similares a otros países tanto en cantidad consumida como en la calidad de los alimentos. El análisis de patrones dietéticos surge en la necesidad de asociar la dieta y los factores de riesgo a la salud (Rivera-Pasquel *et al.*, 2015). Las recomendaciones y guías alimentarias más recientes tienden a cambiar el enfoque y centrar el interés en patrones dietarios, más que en nutrientes concretos (Pérez-Rodrigo *et al.*, 2015).

Un patrón dietario está conformado por un conjunto de productos que son consumidos habitualmente por un individuo o familia. Los patrones dietéticos se definen como las cantidades, proporciones, variedad o combinación de diferentes alimentos, bebidas y nutrientes en las dietas y la frecuencia con la que se consumen habitualmente. La calidad nutricional de un patrón dietético se puede determinar evaluando el contenido de nutrientes de los alimentos y bebidas que lo componen y comparar estas características con las recomendaciones de nutrientes específicas para la edad y el sexo, en cuanto a insuficiencia y límites cuantitativos (Dietary Guidelines Advisory Committee, 2020).

Los patrones dietéticos se derivan utilizando diversos métodos. Entre estos, los más utilizados para identificación, incluyen patrones basados en índices o exploratorios. Los métodos de patrones exploratorios se basan en datos, con técnicas estadísticas, como el análisis de componentes principales, para agrupar en función de la varianza compartida entre las variables dietéticas de una población. Hay también técnicas basadas en métodos estadísticos supervisados y no supervisados (Hu, 2002; Moeller *et al.*, 2007).

La relación entre patrones dietarios y riesgo de enfermedad ha sido más estudiada en adultos, que en niños. Esto, a pesar de ser ampliamente reconocido el establecimiento de conductas alimentarias saludables en etapas tempranas de la vida (Martín-Rodríguez *et al.*, 2022).

Son diversos los factores los que influyen en las conductas alimentarias durante la niñez; tales como la zona geográfica, el nivel socioeconómico, el nivel educativo de la madre y los hábitos alimentarios de los padres. Entre los estudios en niños sobre patrones dietarios y riesgos en salud, Shang et al. (2012), encontraron que un patrón dietético occidental, se asociaba positivamente con las probabilidades de obesidad y riesgos cardio-metabólicos, especialmente en aquellos con nivel socioeconómico más alto. En Brasil, los hijos de madres con mayores niveles de ingreso y educación tenían mayor adherencia un patrón de frutas y verduras, mientras que los hijos de madres con menores niveles de ingresos y educación tendían a un patrón alimentario más tradicional (pan, margarina, arroz, pasta, azúcar, café) (de Souza *et al.*, 2013).

Flores et al. (2021) identificaron cuatro patrones dietarios en más de 1000 niños preescolares mexicanos, que explicaron el 34% de la varianza: a) frutas y vegetales, b) occidental, c) tradicional y d) leche y líquidos. La prevalencia de desnutrición, fue al menos dos veces mayor entre los niños del patrón frutas y vegetales, que incluye lácteos y sopas, así como más baja en el patrón occidental, con alta ingestión de alimentos ultra-procesados. Por el contrario, el sobrepeso se asoció negativamente con el patrón dietario frutas y vegetales, mientras el patrón tradicional, con tortillas de maíz, frijoles y huevo, mostró la mayor prevalencia de desnutrición.

El estudio de los patrones dietarios en edades tempranas brinda oportunidad para estudiar la asociación entre la calidad de la dieta y el estado nutricional, ya que los datos no son concluyentes, especialmente en los que respecta a la obesidad. Hay estudios que si encuentran esta asociación, como el de García-Chávez et al. (2020), quienes evaluaron los patrones dietarios en escolares mexicanos e identificaron cuatro diferentes: tradicional, industrializada, variada y moderna. De acuerdo a los autores, un patrón dietario moderno caracterizado por alimentos ultra-procesados, podría estar influyendo en el desarrollo de obesidad en escolares mexicanos. Estos datos coinciden con los de Rodríguez- Ramírez et al. (2011), quienes encontraron cinco patrones dietarios: a) rural, b) platos dulces de cereales de maíz, c) diverso, d) occidental y e) leche entera y dulces. Los patrones caracterizados por altas ingestas de cereales azucarados, bebidas azucaradas, botana industrializada, tortas, leche entera y dulces, se asociaron con mayor riesgo de sobrepeso/obesidad en niños mexicanos de edad escolar.

La alimentación evoluciona con el tiempo y es afectada por muchos factores que interactúan de manera compleja y que dan lugar a nuevos patrones de consumo alimentario (FAO, 2003). La pandemia del COVID-19 afectó de diversas formas a la población del mundo y así a la mexicana. Muchas personas perdieron sus empleos o se limitaron sus ingresos por diversas causas; la población se inmovilizó en casa y los niños no tuvieron clases presenciales. En algunos lugares como en Sonora, se reanudaron las actividades escolares presenciales hasta en enero del 2022. Esto, debe de haber afectado los patrones dietarios y no sabemos en qué forma.

De acuerdo a la ENSANUT 2020 sobre COVID-19, no aumentó la inseguridad alimentaria moderada y severa en la población mexicana. En cuanto a la dieta de los escolares, su consumo de botanas, dulces y postres se redujo en más del 10%, mientras que los consumos de cereales dulces y bebidas endulzadas, aumentaron. Quizá por eso y por la falta de movilidad, la prevalencia de sobrepeso y obesidad sumada de los escolares, aumentó a 38.2%, cuando en el 2018 era de 35.5%. Es por esto importante, estudiar los cambios en patrones alimentarios en poblaciones específicas a nivel de localidad y zona de hábitat.

2.3.1 Patrón Dietario Saludable

Los patrones dietéticos saludables se definieron en el Informe científico del Comité Asesor de Pautas Alimentarias de 2015 como dietas ricas en frutas, verduras, granos integrales, lácteos bajos en grasa y sin grasa y proteínas magras (Dietary Guidelines Advisory Committee, 2015). Otras de las características de los patrones dietéticos saludables es que son bajos en grasas saturadas, grasas trans, sodio y azúcares añadidos. La evidencia científica sugiere que los patrones dietéticos saludables reducen ampliamente el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles relacionadas con la dieta y el estilo de vida (Neuhouser, 2019; Millen *et al.*, 2016).

2.3.2 Patrón Dietario Deficiente

Se puede definir a un patrón dietario deficiente como aquel donde se consume la mayor proporción del total diario y la energía de alimentos bajos en nutrientes y ricos en energía. Este patrón puede darse cuando las opciones saludables no están disponibles o los ingresos económicos son bajos, teniendo como consecuencia que las personas se conformen con alimentos ricos en calorías y menos valor nutricional, pero que proporcionan mayor saciedad (Andrieu *et al.*, 2006).

Dentro del patrón deficiente, se encuentran especialmente las bebidas azucaradas, cereales refinados, azúcares y grasas añadidas y productos industrializados, derivados del trigo y maíz (Andrieu *et al.*, 2006). El alto consumo de maíz y trigo refinado son característicos de una dieta de baja calidad, ya que incluyen un bajo consumo de micronutrientes y una baja biodisponibilidad de minerales. Actualmente, el 59% de los niños tiene una diversidad mínima en su dieta y el 18% no consume frutas ni verduras (UNICEF México, 2019). Lo anterior es importante ya que las verduras y frutas son alimentos con densidades energéticas bajas y son buenos aportadores de nutrientes. Su consumo disminuye conforme disminuye el nivel socioeconómico y también depende de la región; en donde menos se consumen frutas y verduras es en la región del norte del país (Flores *et al.*, 2009; Jiménez-Aguilar *et al.*, 2014)

2.3.3 Patrón Dietario Ultra-procesado

El patrón dietario ultra-procesado puede considerarse poco saludable y es característico de la dieta occidental, está asociado con un mayor riesgo de aumento de peso y obesidad. Este patrón se caracteriza por ingestas elevadas de azúcares refinados (golosinas, dulces y refrescos), carnes procesadas, cereales refinados, productos lácteos ricos en grasas y alimentos fritos. Carece de alimentos tales como la fruta, verdura, cereales integrales, carnes magras, frutos secos y semillas sin procesar, por lo que es bajo en fibra, vitaminas, minerales y antioxidantes (Poti *et al.*, 2017; Malesza *et al.*, 2021).

2.4 Microbiota Intestinal y Dieta

La microbiota intestinal es una comunidad compleja de microorganismos vivos residentes en el tracto gastrointestinal, principalmente en el colon, que consta de bacterias, arqueas y hongos pero también incluye virus y fagos (Derrien *et al.*, 2019). La microbiota intestinal humana está formada por alrededor de 160 especies bacterianas que pertenecen a seis filos principales Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacteria, Proteobacteria, Fusobacteria y Verrumicrobia (Trakman *et al.*, 2022). Entre los parámetros utilizados para evidenciar la salud microbiana se encuentra la relación de Bacteroidetes:Firmicutes y la relación Proteobacteria:Actinobacteria. Es también común el uso de enterotipos, con géneros bacterianos predominantes, como *Prevotella*, *Bacteroides* o *Ruminococcus*, que dependen de los hábitos dietéticos a largo plazo. En las relaciones de filos, Bacteroidetes y Proteobacteria mayores que Firmicutes y Actinobacteria, respectivamente, así como mayor diversidad bacteriana, se consideran marcadores favorables de la salud microbiana intestinal (Bibbò *et al.*, 2016; Trakman *et al.*, 2022).

Desde el nacimiento, la microbiota coevoluciona con el huésped así como en la programación metabólica y neurológica; por lo tanto, el desarrollo de esta comunidad es de vital importancia para la salud en etapas posteriores de la vida (Gensollen *et al.*, 2016). Sin embargo, el desarrollo y estado de la microbiota, está fuertemente regulado por una interacción compleja entre el huésped y diversos factores ambientales, incluida la dieta y el estilo de vida (Rothschild *et al.*, 2018). Diversos estudios han destacado la naturaleza crucial del desarrollo de la microbiota en la vida temprana, para una correcta salud infantil y sus consecuencias a largo plazo (Dogra *et al.*, 2015; Korpela y de Vos, 2016).

De los diversos patrones dietéticos dependen las proporciones de nutrientes, que influyen en el equilibrio de la microbiota, que a su vez, impacta en el metabolismo y la respuesta inmunológica. Las dietas ricas en carbohidratos fermentables favorecen la abundancia de *Bifidobacterium*, *Prevotella*, *Ruminococcus*, *Dorea* y *Roseburia*, capaces de degradar polisacáridos, oligosacáridos y azúcares. Por su parte, las dietas ricas en grasas aumentan la proliferación de organismos resistentes a la bilis como *Bilophila* y *Bacteroides* (Dahl *et al.*, 2020). Se ha demostrado que los alimentos que contienen altos niveles de grasas saturadas, azúcar, sal y bajos niveles de fibra, inducen inflamación y autoinmunidad en personas predispuestas genéticamente, a través de

diferentes mecanismos mediados por la microbiota. De igual forma, los aditivos alimentarios tales como los emulsionantes dietéticos, antimicrobianos y edulcorantes, afectan la permeabilidad intestinal e inducen inflamación, a través del aumento de bacterias mucolíticas y endotoxinas (Bolte *et al.*, 2021; Racine *et al.*, 2016).

La dieta occidental rica en alimentos ultra-procesados, con alta proporción de grasas saturadas y trans, y menores contenidos de grasas mono- y poliinsaturadas, predispone a los consumidores habituales a diversos problemas de salud (Shi, 2019). En humanos, una dieta rica en grasas aumenta la microbiota anaeróbica total y los recuentos de *Bacteroides* (Wu *et al.*, 2011; Shen *et al.*, 2014). En modelo murino, Lecomte *et al.* (2015), observaron cambios en la microbiota en dieta alta en grasas, disminuyendo considerablemente la abundancia de *Lactobacillus intestinalis*, bacteria correlacionada negativamente con la masa grasa y el peso corporal. También en modelo murino, *Bacteroides* y *Bilophila* aumentaron en dietas con manteca de cerdo, mientras que bacterias benéficas como *Bifidobacterium*, *Adlercreutzia*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Akkermansia muciniphila*, aumentaron en los animales alimentados con aceite de pescado. Por lo tanto, el tipo de grasa influye en la modulación del equilibrio entre bacterias comensales y patógenas (Caesar *et al.*, 2015).

Los azúcares añadidos y los edulcorantes en los productos ultra-procesados tales como la sacarina, sucralosa y aspartame, alteraron la microbiota intestinal en un modelo murino, provocando disbiosis intestinal con mayor abundancia relativa de *Bacteroides* y reducción de *Lactobacillus reuteri* (Suez *et al.*, 2014a). Por el contrario, las dietas con hidratos de carbono no digeribles como la fibra fermentable, el almidón resistente y la cebada integral, están relacionadas con aumento en la abundancia de las *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Ruminococcus*, *Eubacterium rectale* y *Roseburia*. Por lo tanto, es importante el tipo y la fuente de carbohidratos para promover el crecimiento de bacterias que favorecen la salud intestinal (Keim y Martin, 2014).

También el tipo de proteína tiene efecto en la composición de la microbiota intestinal. Tanto las especies de *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, como los niveles de ácidos grasos de cadena corta, aumentan con dieta altas en proteínas vegetales. Por el contrario, la ingestión de proteína animal, aumenta los *Bacteroides spp.*, *Alistipes spp.* y *Bilophila spp.*, mientras que disminuye las bacterias benéficas como *Lactobacillus spp.*, *Roseburia spp.*, y *E. rectale* (Singh *et al.*, 2017).

Diversos estudios que han analizado la dieta vegetariana, encuentran mayor proporción de *Prevotella/Bacteroides*, atribuido a un mayor consumo de fibra natural y almidón, a diferencia de

la composición de la microbiota en individuos que siguen una dieta occidental. Por lo tanto, la microbiota intestinal está dominada por el género *Prevotella* en personas con dietas basadas en alimentos de origen vegetal, como las poblaciones que viven en comunidades africanas, asiáticas y sudamericanas. Por el contrario, el enterotipo *Bacteroides* predomina en las personas que viven en zonas urbanas, con hábitos occidentalizados (Rinninella *et al.*, 2019; Nakayama *et al.*, 2017; Sakkas *et al.*, 2020).

2.5 Microbiota Intestinal en la Etapa Escolar

La microbiota evoluciona desde el nacimiento influenciada por diversos eventos como el modo de nacimiento, el tipo de alimentación infantil y el uso de antibióticos (Zhong *et al.*, 2019). La colonización microbiana en los primeros años de vida es crucial para la salud infantil, esto debido a que está documentado que influye en la maduración del sistema inmunitario, la absorción de nutrientes y su metabolismo, además de prevenir la colonización de patógenos. Por lo tanto, un establecimiento adecuado de la microbiota y su mantenimiento a lo largo de la vida, reducirá el riesgo de enfermedad en etapas tempranas y tardías de la vida (Gensollen *et al.*, 2016).

La apreciación de la importancia de la microbiota está creciendo, es necesario identificar soluciones preventivas para mantenerla bien equilibrada. Hay diversos estudios que describen la composición y la función de la microbiota en menores de tres años, pero no se ha estudiado suficientemente en niños de edad preescolar, escolar, ni en adolescentes (Derrien *et al.*, 2019).

Se consideró en los primeros estudios de microbiota, que se alcanzaba en los infantes una estructura similar a la de los adultos, a la edad de los 3 años; sin embargo, los estudios recientes encuentran que el desarrollo de la microbiota puede llevar más tiempo. En niños de 3-4 años, se encontró menor diversidad microbiana, con mayor abundancia de *Bifidobacterium*. En otro estudio, el seguimiento fue hasta los 5 años y curiosamente, la diversidad microbiana seguía siendo menor que la de los adultos. A esa edad, la microbiota presentaba Actinobacteria, Bacilli, *Clostridium cluster IV*, con abundancias similares a la de los bebés, mientras que también se encontraba *Clostridium XIVa (Lachnospiraceae)*, con distribución más parecida a la de los adultos de la misma población (Cheng *et al.*, 2016; Ringel-Kulka *et al.*, 2013).

Hollister et al. (2015), examinaron la microbiota de niños de 7 a 12 años, encontrando que *Bifidobacterium*, *Faecalibacterium spp.* y *Lachnospiraceae* eran más abundantes que en adultos, mientras que los adultos mostraron mayor enriquecimiento en *Bacteroides*. Adicionalmente, en los escolares encontraron mayor abundancia de taxones y genes implicados en la síntesis de vitaminas, degradación de aminoácidos, fosforilación oxidativa y desencadenamiento de la inflamación de mucosa. Estos hallazgos sugieren en general que la maduración y el desarrollo de la microbiota puede continuar más allá de los 6-9 años de edad y puede desarrollarse más lentamente en algunos niños que en otros, con estado de microbiota “intermedio”. Además, se ha informado consistentemente que *Bifidobacterium* es más abundante en niños en edad preescolar y escolar que en adultos y puede disminuir gradualmente hasta la edad adulta (Agans et al., 2011). De ahí la importancia de establecer hábitos alimentarios saludables a edades tempranas que preserven los géneros bacterianos benéficos, en etapas posteriores de la vida.

Los patrones de dieta y sus nutrientes, son factores que determinan la integridad y la abundancia relativa de bacterias benéficas y patógenas, que conforman la arquitectura general de la microbiota. El estudio pionero que demuestra la importancia de los hábitos dietéticos en la composición de la microbiota intestinal, es el realizado por de Filippo et al. (2010). En éste, se compara la microbiota fecal de niños de zona urbana europea con dieta occidental-moderna rica en proteína animal, azúcar, almidón y grasa y baja en fibra, con la de los niños de zona rural de Burkina Faso, con dieta baja en grasas y proteínas animales y rica en almidón, fibra y polisacáridos vegetales. La microbiota de los niños de Burkina Faso, presentó gran enriquecimiento en Bacteroidetes y agotamiento de Firmicutes, con mayor abundancia de *Prevotella* y *Xylanibacter*. Este último género, puede hidrolizar celulosa y xilano, inexistente en cualquier otra población, que evolucionó para aprovechar al máximo la baja ingestión de alimentos de esos niños. Además, los niños de Burkina Faso tenían mayor proporción de ácidos grasos de cadena corta.

Otro estudio en escolares de 7 a 9 años evaluó la modernización de los hábitos de alimentación en la microbiota intestinal. Los niños de zona rural tenían una mayor abundancia de *Prevotella* y *Succinivrio* correlacionados con los carbohidratos complejos de la dieta. Por su parte, el mayor consumo de grasa y el sobrepeso y la obesidad en los niños de la zona urbana, se correlacionó positivamente con especies de los géneros *Bacteroides*, *Parabacteroides*, *Oscillibacter* y mayor relación de Firmicutes-Bacteroides (Nakayama et al., 2017).

La proporción Firmicutes-Bacteroides difiere entre humanos obesos y delgados; su aumento, está impulsado por una dieta alta en calorías que podría predisponer a la obesidad. Además, el filo Firmicutes se ha asociado con alteraciones en el metabolismo energético y la acumulación de masa grasa, por lo que se encuentra en mayor abundancia en individuos que llevan una dieta alta en grasas y azúcar (Murga-Garrido *et al.*, 2022).

Las alteraciones tempranas en la composición de la microbiota, se han relacionado con el desarrollo de enfermedades más adelante en la vida, como asma, atopia, enfermedad inflamatoria intestinal, obesidad y diabetes tipo 1, además de afectar el neurodesarrollo adecuado del niño (Borre *et al.*, 2014; Simonyté Sjödin *et al.*, 2019; Laudisi *et al.*, 2019). Así mismo, ciertas bacterias del microbioma pueden conferir protección contra diversos patógenos o bien que un niño sea más susceptible a algunas infecciones (Gauvin *et al.*, 2018). Por lo tanto, es imprescindible favorecer el consumo de alimentos que tengan un impacto positivo en la constitución de microbiota ya que esta, a su vez, será determinante en el mantenimiento de la salud en la edad adulta. De ahí la importancia del análisis de la microbiota y sus metabolitos en poblaciones pediátricas, ya que puede brindar una oportunidad para la identificaciones de afecciones en la salud, y más importante aún, el encontrar enfoques potenciales de prevención y tratamiento (Jaimes *et al.*, 2021).

3. HIPÓTESIS

La distribución de los patrones dietarios de escolares hermosillenses de zonas semi-marginadas, ha cambiado respecto a los anteriores al COVID-19; además, los niños en el patrón ultra-procesado en comparación a los de patrones saludable o deficiente, consumen más edulcorantes no calóricos, sus prevalencias de sobrepeso u obesidad son mayores y tienen una proporción de *Bacteroides spp* incrementada.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Evaluar en escolares hermosillenses de zonas semi-marginadas, el estado nutricional y la dieta en cuanto a patrones establecidos previo al COVID-19, con énfasis en alimentos ultra-procesados con edulcorantes no calóricos, incluyendo su efecto en el enterotipo *Bacteroides*, de la microbiota fecal.

4.2. Objetivos Particulares

- En escolares hermosillenses de zonas con grado de marginación medio:
- Evaluar el estado nutricional.
- Estudiar la composición de la dieta y el consumo de alimentos ultra-procesados con énfasis en la ingestión de edulcorantes no calóricos, así como la distribución actual de patrones dietarios establecidos pre-COVID-19.
- Comparar el estado nutricional y la proporción de *Bacteroides spp* de la microbiota, de los niños con patrón dietario ultra-procesado, respecto a los que tienen patrón saludable y patrón deficiente.

5. PARTICIPANTES Y MÉTODOS

5.1. Diseño de Estudio y Participantes

El estudio fue transversal analítico con muestreo no probabilístico. Los participantes fueron niños de escuelas primarias públicas de 8 a 11 años que pudieran contestar adecuadamente la encuesta dietaria. Se incluyeron aquellos niños cuyos padres firmaron el consentimiento informado (Anexo 9.1) y que no tuvieron tratamientos con antibióticos ni antiparasitarios, en el mes previo al estudio. La invitación se realizó en cuatro escuelas primarias públicas (Francisco Castillo Blanco, Vicente Guerrero, Miguel Hidalgo y Costilla y Abelardo L. Rodríguez). Los muestreos se realizaron en las instalaciones de las mismas escuelas, con la autorización previa de los directivos y profesores. Se excluyó a los niños que cursaran en ese momento por alguna enfermedad infecciosa, trastornos gastrointestinales y cuestionarios incompletos o falta de muestras biológicas. El proyecto fue revisado y aprobado previamente por el comité de ética institucional (Anexo 9.2). Además, al final de la intervención se les entregaron a los padres de familia recomendaciones nutricionales para el manejo de sobrepeso y obesidad en la etapa escolar (Anexo 9.3).

5.2. Evaluación Antropométrica

Se midió el peso corporal de los participantes con una balanza electrónica digital AND® modelo FG-150 K, con capacidad de 0 a 150 kg, y la talla con un estadiómetro portátil Seca® modelo 214. Los participantes se encontraban en posición anatómica, sin zapatos, con los talones juntos y puntas de pie separadas y la cabeza colocada en el plano de Frankfurt. Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa Anthro plus (WHO, 2009) para calcular el puntaje Z del indicador del estado nutricional IMC para la edad. Estos puntajes se clasificaron siguiendo las recomendaciones de la WHO (2007), como desnutrición severa (< -3 DE), desnutrición (< -2 DE), normal (> -2 y $< +1$ DE), sobrepeso ($> +1$ DE), obesidad ($> +2$ DE).

5.3 Evaluación de la Dieta

Por medio de una entrevista directa se realizaron dos recordatorios de 24 h (R-24h) no consecutivos. Se usaron medidas caseras usuales (con modelos de platos, tazas y vasos) y material de apoyo visual (fotografías de alimentos) para estimar el tamaño de las porciones consumidas. Se estimó el consumo de energía, fibra, macro y micronutrientes por el método de Ortega Vélez et al. (1999).

5.3.1. Consumo de Ultra-procesados y Edulcorantes No Calóricos

De los recordatorios de 24 h, se sacó un listado de los alimentos ultra-procesados consumidos frecuentemente por los niños del estudio, que se encontraban registrados con nombre y marca comercial. Posteriormente se revisó la etiqueta nutricional y los ingredientes de esos productos, con especial énfasis en los edulcorantes no calóricos.

5.3.2. Patrones Dietarios

Se consideraron, un patrón dietario ultra-procesado, uno saludable y uno deficiente previamente identificados por la técnica de componentes principales por Aguayo Patrón (2017), en la misma población. Para esto, los alimentos consumidos por los niños se clasificaron en 13 grupos: 1) grasas y aceites (incluso lácteos altos en grasa); 2) bebidas azucaradas (carbonatadas o no); 3) verduras; 4) frutas; 5) arroz, avena, papa y maíz; 6) carne, pollo, pescado y huevo; 7) azúcares y golosinas; 8) frituras y botanas; 9) derivados de trigo (tortilla, pan y pasta); 10) leguminosas; 11) galletas y repostería; 12) embutidos y derivados cárnicos y 13) lácteos (con contenido regular de grasa).

5.4. Análisis de *Bacteroides spp* en la Microbiota

Se proporcionó a los padres de los niños un recipiente estéril de polipropileno para la recolección de muestra de heces (3 g) así como un instructivo de cómo realizarlo. Las muestras obtenidas se homogeneizaron y separaron en alícuotas; para su posterior almacenamiento a -70°C hasta su análisis. Se realizó la extracción de ADN genómico (ADNg) de las heces utilizando el conjunto de reactivos comercial QIAamp® DNA Stool Mini Kit (QIAGEN, Hilden, Alemania), de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se cuantificó la concentración de ADNg extraído en un Nanodrop 2000 (Thermo Scientific, Pittsburgh, EUA) y su calidad, por la relación de absorbancia 260/280. La proporción de *Bacteroides* en la microbiota se calculó una vez amplificado el ARNr 16S bacteriano con el protocolo de curva estándar en un sistema StepOnePlus Real-Time PCR, para las bacterias totales y géneros específicos de *Bacteroides* (Cuadro 1).

Para la reacción en cadena de la polimerasa (qPCR) se utilizó un volumen de 10 µL de SYBR Green Supermix (Life Technologies, EUA), 5 µM de cada iniciador, ~10 ng de muestra de ADNg y H₂O mili-Q para un volumen final de 20 µL. Las condiciones de amplificación para bacterias totales fueron de 50 °C por 2 min y 95 °C por 10 min, seguido de 40 ciclos de 94 °C por 15 s y 60°C por 1 min. Para la amplificación de *Bacteroides* las condiciones fueron 95 °C por 10 min, seguido de 40 ciclos de 95 °C por 15 s, 58 °C por 30 s y 72 °C por 30 s. Las reacciones de la curva estándar se realizaron por duplicado y las reacciones de las muestras igual por duplicado (Aguayo-Patrón, 2017).

Cuadro 1. Secuencias de iniciadores utilizados en qPCR para el análisis de *Bacteroides*

Grupo	Fw	Rv
Bacterias totales	ACTCCTACGGGAGGCAGCAGT	GTATTACCGCGGCTGCTGGCAC
<i>Bacteroides spp.</i>	CGATGGATAGGGGTTCTGAGAGGA	GCTGGCACGGAGTTAGCCGA

Walter *et al.*, 2000; Bergström *et al.*, 2012

5.5. Análisis de Datos

Se realizó una estadística descriptiva de los datos sobre las características de los participantes como edad, sexo, peso, talla e IMC/edad. Las diferencias entre las variables de interés se evaluaron mediante un ANOVA unidireccional y la prueba de Tukey-Kramer para datos normales y por Kruskal-Wallis y la prueba de Dunn en caso de no ser normales. Además, se realizó una prueba de correlación para buscar asociación entre los macronutrientes y la abundancia de *Bacteroides*. Los análisis se realizaron en el programa NCSS 2007 considerando una $p \leq 0.05$ como significativa.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Descripción de la muestra

El tamaño de muestra fue de 100 niños hermosillenses de 8 a 11 años, en los grados escolares de 3° a 6° de tres escuelas primarias públicas que se evaluaron de febrero a septiembre del presente año. La primera ubicada en la colonia Luis Donaldo Colosio, la segunda en la comunidad de El Tazajal y la tercera en la comunidad de La Victoria. De acuerdo con sus áreas geoestadísticas, se encuentran con un grado de marginación medio (Contreras-Navarro & Ortega-Vélez, 2019), .que en este estudio denominamos zonas semi-marginadas. El estudio se aprobó por los directivos de las escuelas y se proporcionó la información sobre el proyecto a los padres de familia para la aprobación de la participación de sus hijos y la firma de consentimiento informado. Se estudió además una muestra de 30 niños de la misma edad, de una escuela en zona de muy bajo grado de marginación de la misma ciudad de Hermosillo.

6.2 Parámetros Antropométricos

La descripción antropométrica de los niños se muestra en el Cuadro 2. La edad promedio fue de 10 años, con 61% de niñas y 39% de niños. Los pesos y tallas de niños y niñas fueron similares ($p>0.05$), pues son niños sin desarrollo sexual secundario, que es cuando inician las diferencias.

Cuadro 2. Características descriptivas de los participantes en el estudio

	(n=100) Media $\pm$ DE	Niñas (n=61) Media $\pm$ DE	Niños (n=39) Media $\pm$ DE
Edad	10.0 $\pm$ 1.42	10.1 $\pm$ 1.29 ^a	10.0 $\pm$ 1.54 ^a
Peso	41.90 $\pm$ 13.59	41.53 $\pm$ 13.78 ^a	42.47 $\pm$ 13.45 ^a
Talla	142.14 $\pm$ 10.58	141.80 $\pm$ 10.54 ^a	142.66 $\pm$ 10.75 ^a
Z de IMC/Edad*	1.05 (-3.33 – 4.61)	0.89 (-3.33 – 3.97) ^a	1.29 (-1.29 – 4.61) ^a

*Media (valor mínimo $\pm$ valor máximo, en función del puntaje Z de IMC para la edad)

En la Figura 1 se muestra la clasificación del puntaje Z de IMC para la edad, según los indicadores de crecimiento de la OMS (2007). Del total de los escolares, el 45% se encontraba con normopeso, el 32% con obesidad, el 22% con sobrepeso y el 1% con delgadez. En tal forma, más de la mitad de los escolares presentaron sobrepeso/obesidad (54%). La clasificación del estado nutricional por sexo mostró que aparentemente en los niños había mayor prevalencia de obesidad (35.8%) que en las niñas (29.5%); por su parte, más niñas presentaron sobrepeso (22.9%) que los niños (20.5%), sin ser significativas ($p>0.05$). Estos datos coinciden con lo previamente mencionado por la ENSANUT Covid-19 (2020), donde hay una tendencia al alza en las prevalencias de obesidad en niños y de sobrepeso en niñas. Además, en la estratificación por región, la zona que incluye a Sonora, ocupó la tercera posición más alta de sobrepeso y obesidad en la población de 5 a 11 años.

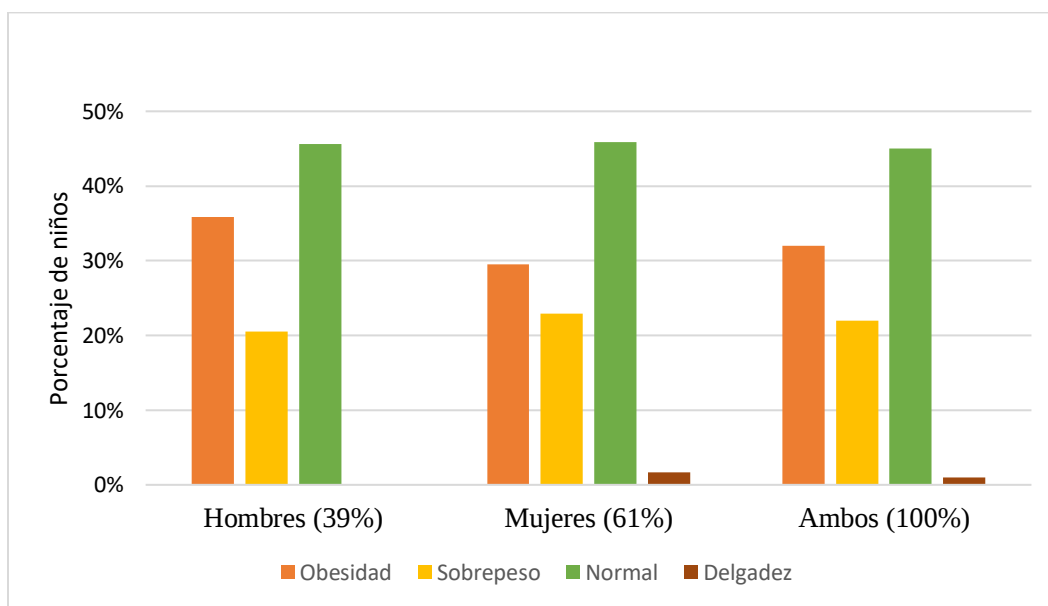


Figura 1. Estado nutricional de escolares de 8 a 11 años

Por otra parte, se tomaron datos de 30 niños de una escuela primaria pública en una zona geográfica con muy bajo grado de marginación. En dicha escuela, el 56.6% de los escolares presentó sobrepeso (40%) u obesidad (16.6%) (Cuadro 3), a diferencia de los niños antes descritos, con más obesidad que sobrepeso. Sin embargo, en conjunto sobrepeso y obesidad, no difieren. Estos datos, no fueron analizados estadísticamente, ya que la muestra de 30 niños es muy pequeña. Según García-Jacobo et al. (2019), quienes evaluaron el estado nutricional y nivel socioeconómico de 114 escolares

sonorenses de Ciudad Obregón, Sonora, no encontraron diferencias por nivel socioeconómico en el estado nutricional. Vázquez-Durán et al. (2020), encontraron mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad en localidades con grado medio de marginación que en localidades con alta o muy alta marginación, en adultos mexicanos.

Cuadro 3. Estado nutricional de escolares de escuela primaria ubicada en zona con muy bajo grado de marginación.

	Niñas (n=15)	Niños (n=15)	Total (n=30)
Obesidad	2 (6.6)	3 (10)	5 (16.6)
Sobrepeso	6 (20)	6 (20)	12 (40)
Normo-peso	7 (23.3)	6 (20)	13 (43.3)

Número de personas y entre paréntesis el porcentaje (%)

6.3 Características de la Dieta

A fin de conocer de manera general la alimentación de los 100 escolares participantes, se analizó de forma tradicional la información dietaria de los dos recordatorios de 24 horas no consecutivos. En el Cuadro 4 se muestra el consumo diario promedio de nutrientes de los escolares. En la última columna, se anotaron las recomendaciones actuales del Instituto de Medicina de los Estados Unidos (IOM, 2005), para mostrar la adecuación de la dieta de los niños.

Se obtuvo como resultado una ingesta promedio de 1861 kilocalorías por día, la cual se encuentra dentro de la recomendación de 1800-2000 kilocalorías. Si bien, el consumo de proteína de 12.5% y el de carbohidratos de 53.4% cumplen con la recomendación, el consumo de grasas de 37% es más alto que el recomendado, lo mismo para grasa saturada (10.5%). La fibra se encontró muy por debajo de lo ideal (14.8%) de igual forma los micronutrientes: calcio (490.9 mg), potasio (1556.9 mg) y ácido fólico (180.7 µg). En el caso del colesterol (398.9 mg), y el sodio (2273.5 mg) se encontraron por arriba de la recomendación para la población escolar. Este desbalance en la ingesta de nutrientes puede tener efectos nocivos tanto a corto como a largo plazo, que van desde un

crecimiento deficiente, hasta enfermedades metabólicas, cardiovasculares y gastrointestinales (Taylor & Emmett, 2019).

Cuadro 4. Consumo de energía macro y micronutrientes de los escolares

Nutrientes	Ingestión diaria [Mediana - (IQR)]	Ideal*
Energía (kcal)	1861.82 (1456.52- 2248)	1800-2000
Proteína (%)	12.5 (10.9-15.6)	10-15
Grasa total (%)	37.0 (32.8-40.8)	25-35
Grasa saturada (%)	10.5 (8.6-12.0)	< 10
Carbohidratos totales (%)	53.4 (47.9-57.5)	50-60
Fibra (g)	14.83 (10.22-19.71)	20-30
Colesterol (mg)	398.94 (244.19-527.01)	< 300
Calcio (mg)	490.95 (319.03-700.71)	800-1300
Hierro (mg)	12.85 (9.7-16.45)	8-10
Potasio (mg)	1556.99 (1103.81-1961.63)	3800-4500
Sodio (mg)	2273.59 (1709.46-3116.04)	1200-1500
Zinc (mg)	9.96 (7.55-13.49)	5-8
Vitamina C (mg)	83.04 (34.62-4.54)	45-50
Ácido fólico (µg)	180.72 (132.19-267.12)	200-300
Vitamina A (µg ER)	679.38 (389.82-1244.33)	400-600
Vitamina E (mg)	6.69 (4.54-8.59)	7-11

IQR: rango intercuartil (IQ1-IQ3); ER: eq. retinol; *Instituto de Medicina (IOM), 2002/2005

Balthazar & de Oliveira (2011) encontraron resultados similares en la evaluación dietaria de niños obesos y eutróficos de 7 a 11 años, quienes mostraron un consumo dentro de los rangos recomendados de carbohidratos, lípidos y proteínas, pero con bajo consumo de fibra. Quizán et al. (2013), hallaron en escolares hermosillenses de 6 a 8 años, que el consumo de energía y grasa superaba la ingesta recomendada. Por su parte, Castillo-Ruiz et al. (2012) publicaron que niños de 4 a 6 años de Tamaulipas, tuvieron un consumo alto de proteínas, carbohidratos, colesterol y baja ingesta de fibra. Esto, se puede deber a que en la zona norte del país se han reportado elevados consumos de grasa y grasa saturada (Gaona-Pineda *et al.*, 2018; Jiménez Aguilar *et al.*, 2018), tal como en nuestra población de estudio.

6.3.1. Consumo de Ultra-procesados con Edulcorantes No Calóricos

De la información obtenida por encuesta de la dieta al aplicar los recordatorios, fue obvio que los niños del estudio consumían gran cantidad y variedad de productos ultra-procesados. En la Figura 2, se muestra que la mayor variedad y cantidad fue el de bebidas azucaradas seguido de azúcares y golosinas, frituras y botanas, galletas y repostería y, por último, cereales para desayuno y lácteos endulzados. Para contabilizar bebidas azucaradas, se tomaron en cuenta los diferentes sabores para el total de productos, considerando jugos, sodas, bebidas en polvo y bebidas energizantes. Todas estas, son muy consumidos por los niños en sus diversas presentaciones colores y sabores. Igual las golosinas, donde también hubo alta cantidad de productos consumidos por los niños, aún sin considerar ciertos dulces a granel que mencionaron y que no tenían marca, para identificar sus edulcorantes. En los cereales para desayuno no hubo tanta diversidad de productos ya que los niños tendieron a repetir los mismos, que fueron los productos más conocidos en el mercado dirigidos a niños.

Los alimentos ultra-procesados son muy apetecibles debido a su sabor dulce ya sea por azúcar o edulcorantes calóricos o no calóricos y potenciadores de sabor. Contienen, además, colorantes, emulsionantes y sales, haciendo sus propiedades sensoriales especialmente atractivas en los niños para ver, saborear, oler y tocar (Monteiro *et al.*, 2019). Estos datos, dan idea de las preferencias de los niños dentro en este grupo de alimentos. El consumo preferente de bebidas azucaradas en los niños se ha asociado positivamente con la ganancia de peso (Dong *et al.*, 2015).

En el Cuadro 5 se muestra que la mayor cantidad de edulcorantes no calóricos no recomendados en niños (NOM-051-SCFI/SSA1-2010), se encuentran en las bebidas endulzadas que incluyen jugos, sodas y bebidas dulces en polvo. Esta información, coincide con la de Sambra *et al.* (2020) donde analizaron más de 1400 productos en el mercado chileno, encontrando estos edulcorantes en el 74.3% de las bebidas no alcohólicas.

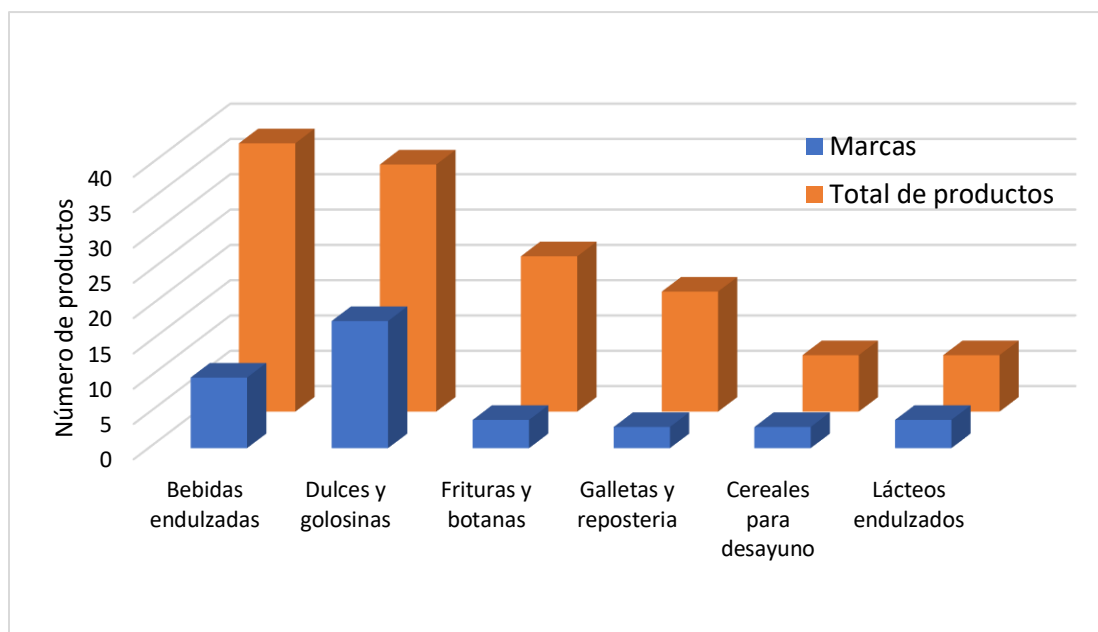


Figura 2. Alimentos ultra-procesados más consumidos por los niños.

Estos hallazgos son alarmantes ya que según la ENSANUT 2020, el porcentaje de escolares que consumieron bebidas endulzadas fue de 90.9%. Así, el etiquetado frontal de advertencia: CONTIENE EDULCORANTES NO RECOMENDABLES EN NIÑOS, no está impactando en las decisiones de compra de la familia, que fue para lo que se diseñó.

Los edulcorantes han mostrado impactar la microbiota intestinal (Suez *et al.*, 2022). En el presente estudio, los edulcorantes no calóricos que encontramos con mayor frecuencia en los ingredientes de los productos consumidos por los niños, estaban el acesulfame k, seguido del aspartame y la sucralosa. En modelos de roedores, el consumo de sucralosa disminuyó Bifidobacterias y Lactobacilos, mientras que el aspartame en dosis bajas aumentó las bacterias totales y la abundancia de Enterobacteriaceae y *Clostridium leptum* (Suez *et al.*, 2014; Uebanso *et al.*, 2017). Por su parte, el acesulfame k, influyó en la microbiota aumentando las proporciones de *Erysipelotrichaceae* y disminuyendo *Clostridiaceae*, *Lachnospiraceae* y *Ruminococcaceae* (Hanawa *et al.*, 2021).

Así también, el consumo frecuente y prolongado de edulcorantes artificiales no calóricos puede no ser tan seguro. Recientemente se evaluó el efecto de los edulcorantes no calóricos: sacarina, sucralosa, aspartamo y estevia en el metabolismo y la microbiota de humanos. Los resultados mostraron que, su consumo puede inducir alteraciones glucémicas, además de modificar la

funcionalidad de la microbiota oral e intestinal (Suez *et al.*, 2022). Por tal motivo los edulcorantes no calóricos representan un problema emergente en niños, que los consumen desde edades tempranas en gran cantidad. Para disminuir el problema, sería importante desarrollar alternativas para ciertas categorías de alimentos, especialmente en las dirigidos a los niños.

Cuadro 5. Alimentos ultra-procesados que contienen edulcorantes no calóricos, consumidos por los niños con más frecuencia

Alimento o bebida	Ingredientes principales	Tipo de edulcorante
Bebidas azucaradas		
Del Valle Frut	Agua Jugo de concentrado	Acesulfame k* Sucralosa*
Del Valle Fresh	Agua Jugo de concentrado	Acesulfame k* Sucralosa*, Esteviol*
Del Valle (durazno, mango)	Agua jugo y pulpa de concentrado	Estevia* Jarabe de alta fructosa
Jugos de frutas Bida (varios sabores)	Agua jugo de concentrado	Jarabe de alta fructosa Sucralosa*
Jumex Fresh cítricos	Agua Jugo de concentrado	Jarabe de alta fructosa Acesulfame K*, Aspartame*
Jumex Pau Pau uva	Agua Jugo de concentrado Ácido málico, saborizante	Acesulfame K* Sucralosa*
Coca-cola, Pepsi	Agua carbonatada Color caramelo	Jarabe de alta fructosa Acesulfame K*, Aspartame* Ciclamato sódico* Sucralosa*
Sidral Mundet Coca-cola	Agua carbonatada Concentrado Sidral Mundet	Aspartame* Acesulfame k*
Fanta de naranja Coca-cola	Agua carbonatada Zumo de concentrado	Jarabe de alta fructosa Acesulfame K*, Aspartame* Neohesperidina DC*
Fanta fresa-wiki Coca-cola	Agua carbonatada Zumo de concentrado	Ciclamato sódico* Acesulfame k*, Aspartame*
Squirt toronja Peñafiel	Agua carbonatada Fructosa Concentrado c/ jugo	Acesulfame K* Sucralosa*
Seven up Pepsi	Agua carbonatada Azúcares Correctores de acidez	Aspartame* Acesulfame K* Steviol*, Jarabe de maíz
Sprite Coca-cola	Agua carbonatada Azúcar Concentrado de sprite	Acesulfame K*, Aspartame* Neohesperidina DC* Glucósidos de steviol* Jarabe alto en fructosa

Cuadro 5. Alimentos ultra-procesados que contienen edulcorantes no calóricos, consumidos por los niños con más frecuencia (continuación)

Soda de fresa Vita	Agua carbontada Saborizante sabor fresa	Jarabe alto en fructosa, Aspartame*, Acesulfame k*, Neotame*
Bebidas Zuko (varios sabores)	Maltodextrina Acidulantes	Aspartame* Acesulfame k*
Bebida Monster	Agua carbonatada Azúcar, glucosa Ácido cítrico Saborizantes	Sucralosa* Acesulfame K* Inositol
Nestea Limón Coca-cola	Agua, Azúcar Correctores de acidez Extracto de té negro	Acesulfame K* Sucralosa* Ciclamato sódico*
Azúcares y golosinas		
Mentos	Estabilizador Aromatizantes	Xilitol, Manitol, Sorbitol Maltitol Acesulfame k*, Aspartame*
Chicle Trident Sin azúcar	Goma base Sorbitol, Maltitol Manitol	Aspartame* Acesulfame K* Sucralosa*
Chicles Clorets	Azúcar Goma base, Glucosa	Aspartame*, Acesulfame k* Sucralosa*
Jell-o gelatina cereza	Grenetina, Azúcar Citrato trisódico	Aspartame* Acesulfame k*
Galletas y repostería		
Mantecadas Bimbo	Harina de trigo Huevo, Azúcar	Jarabe de alta fructosa Estevia*
Nito Bimbo	Harina de trigo Leche reconstituida Grasa y aceite vegetal	Jarabe de alta fructosa Estevia*
Lácteos endulzados		
Vaquitas leche Alpura	Leche descremada Azúcar, Cocoa	Sucralosa* Acesulfame k*
Yoghurt de fresa	Leche semidescremada	Fructosa
Yomi leche o chocolate Lala	Azúcar Fructosa	Estevia*

*Edulcorantes no calóricos no recomendables en niños que deben ser advertidos en la etiqueta frontal según la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010

6.3.2. Patrones Dietarios

Los alimentos y bebidas en los recordatorios de 24 horas fueron categorizados en grupos en base al estudio de Aguayo-Patrón (2017), así como en base a la composición nutricional de los alimentos, tomando en cuenta el nutriente que más aportan. Aquellos alimentos con muy bajo consumo fueron agregados a otros grupos cuyas características nutricionales fueran similares, con el fin de tener la base de datos apropiada para derivar a patrones dietarios. Se utilizaron las cargas de factores previamente identificados por la técnica de componentes principales por Aguayo-Patrón (2017) para los grupos de alimentos de los tres patrones dietarios. Cada grupo de alimento tiene cargas de factores con mayor peso que hacen característico a cada patrón dietario por ciertos alimentos; en el primer patrón, el mayor peso lo tienen las bebidas azucaradas, seguido de las frituras y golosinas, considerándose poco saludable. En el segundo patrón, el mayor peso lo tuvieron los lácteos, frutas y verduras, alimentos considerados como saludables y el tercer patrón, estuvo regido por leguminosas y bebidas azucaradas alimentos característicos de una dieta de baja calidad.

De acuerdo a las consideraciones en el párrafo anterior, los patrones dietarios se etiquetaron como: patrón ultra-procesado basado en grasas y aceites, bebidas azucaradas, dulces y golosinas, botanas, derivados del trigo repostería y embutidos; patrón saludable basado en frutas, verduras, cereales (arroz, avena, papa y maíz), carnes y lácteos y patrón deficiente, basado en bebidas azucaradas, cereales, derivados del trigo y leguminosas. Una vez obtenida la suma de la multiplicación de los gramos de los alimentos agrupados en cada patrón por los factores se procedió a asignar a los niños en el patrón dietario en el que obtuvieron el mayor puntaje encontrando, 30 escolares en el patrón ultra-procesado, 25 en el saludable y 45 en el deficiente.

Se procedió a evaluar las diferencias de la dieta de los escolares de acuerdo al patrón dietario en el que se encontraron, obteniendo diferencias significativas ($P < 0.05$) en las ingestas de los macronutrientes y micronutrientes que se aprecian en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Consumo de energía, macro y micronutrientes según patrón dietario

Nutrientes	Patrón 1 Ultra-procesado (n=30) [Mediana (IQR)]	Patrón 2 Saludable (n=25) [Mediana (IQR)]	Patrón 3 Deficiente (n=45) [Mediana (IQR)]	<i>P</i>
Energía (kcal)	1765.0 (1324.0-2398.6)	1788.8 (1401.3-2223.3)	1947.0 (1519.2-2284.9)	0.8596
Proteína (%)	13.0 (10.2-15.0) ^a	14.0 (12.7-17.0) ^b	11.3 (10.7-13.4) ^a	0.0017
Grasa total (%)	38.3 (34.7-44.9) ^a	37.3 (34.0-43.1) ^a	35.0 (31.3-39.0) ^b	0.0107
Grasa saturada (%)	10.6 (8.8-13.1) ^a	11.5 (9.5-13.9) ^a	9.3 (7.6-10.9) ^b	0.0014
Carbohidratos totales (%)	50.1 (45.2-55.3) ^a	49.8 (43.0-54.7) ^a	55.4 (52.7-62.1) ^b	0.0002
Fibra (g)	12.6 (9.1-16.7) ^a	15.6 (10.9-23.2) ^{ab}	17.5 (12.3-23.2) ^b	0.0094
Colesterol (mg)	433.2 (273.5-504.7)	459.6 (328.4-570.3)	359.6 (220.8-538.9)	0.3446
Calcio (mg)	381.8 (308.7-656.6) ^a	683.2 (494.9-886.1) ^b	445.7 (263.7-586.8) ^a	0.0006
Hierro (mg)	10.6 (8.3- 13.5) ^a	13.8 (10.16-17.8) ^b	13.6 (10.7-16.9) ^b	0.0299
Potasio (mg)	1215.3 (958.8-1698.7) ^a	1626.0 (1232.9-2077.1) ^b	1577.2 (1262.5-2021.0) ^b	0.0172
Sodio (mg)	2292.6 (1705.8-3265.0)	2108.4 (1822.0-3262.3)	2360.4 (1654.2-3069.1)	0.8696
Zinc (mg)	9.1 (5.9-11.0)	9.2 (7.5-13.2)	10.7 (8.0-15.2)	0.1114
Vitamina C (mg)	81.4 (29.2-131.6)	90.7 (42.8-173.9)	80.2 (30.1-112.9)	0.2612
Ácido fólico (µg)	129.5 (94.9-171.3) ^a	231.1 (170.6-320.6) ^b	210.1 (152.6-275.2) ^b	0.0000
Vitamina A (µg ER)	594.2 (354.0-932.2) ^a	1431.0 (828.4-2089.8) ^b	553.0 (341.3-878.5) ^a	0.0000
Vitamina E (mg)	6.1 (4.5-8.0)	7.6 (4.8-8.2)	6.4 (4.1-9.0)	0.7455

^{a,b,c}: diferentes literales indican diferencias significativas entre grupos; IQR: rangos intercuartiles; ER: equivalentes de retinol
Diferencias entre grupos evaluada por prueba de Kruskal-Wallis

Un resultado a destacar es el cambio en la distribución de patrones dietarios. Mientras Aguayo Patrón (2017) encontró proporciones de 36.3, 28.4, y 35.3% en los patrones ultraprocesado, saludable y deficiente, en el presente estudio la distribución cambió. Disminuyó 6.3 puntos porcentuales el patrón ultraprocesado y 3.4% el saludable, pasando 10 puntos porcentuales al patrón deficiente. Esto, pudiera ser efecto de la pandemia de COVID-19, por la pérdida de poder adquisitivo de los padres de los escolares. En la ENSANUT 2020 sobre COVID-19, se observa una disminución de 11% en el consumo de botanas, dulces y postres por los niños y se señala que dos tercios de los hogares perdieron en promedio 48.5% de su ingreso durante la pandemia.

Como era de esperarse, el patrón ultra-procesado tuvo significativamente el mayor consumo de grasa total (38.3%), el patrón saludable de proteína (14%), calcio (682.2 mg) y vitamina A (1431mg) y el patrón deficiente de carbohidratos totales (55.4%) y fibra (17.5 g). La grasa saturada se consumió de igual manera en el patrón ultra-procesado y saludable, así también fueron iguales los consumos de hierro, potasio y ácido fólico en los patrones saludable y deficiente. No se encontraron diferencias significativas entre patrones en energía, colesterol, sodio, zinc, vitamina C y E. Sin embargo, todos excedieron la recomendación de colesterol y sodio.

La mayoría de los escolares se ubicaron en el patrón deficiente que se denominó de esta forma por ser insuficiente en nutrientes y variedad de los mismos, aminorando la calidad de la dieta. Es sabido que patrones alimentarios constituidos por alimentos básicos como maíz, trigo, arroz y papa disminuyen el consumo de micronutrientes y la biodisponibilidad de minerales debido a ingestas altas de fitatos y fibra, además de reducir la absorción de proteína animal y hierro (Oyarzún *et al.*, 2001). El alto consumo de bebidas azucaradas también se asocia con una peor calidad de la dieta en niños, mayor ingesta de energía y menor ingesta de calcio, folato, hierro, fibra y una mayor ingesta de grasas saturadas y azúcares añadidos (Leung *et al.*, 2018). En niños con sobrepeso y obesidad se ha encontrado un mayor consumo de energía y bajos consumos de vitamina A y E, hierro, folatos, zinc y calcio. Las dietas que contienen mayor densidad energética y menor densidad de nutrientes, son de baja calidad (García *et al.*, 2009; Gillis & Gillis, 2005). Además, se ha mostrado que las dietas más ricas en energía cuestan menos, mientras que las dietas ricas en nutrientes cuestan más (Maillot *et al.*, 2007).

Un estudio reciente que evaluó la calidad de la dieta en niños de primaria del noroeste de México reportó que sólo el 1.4% presentó una calidad alimentaria saludable y más del 50% tenía una mala calidad dietética. Esto, debido a consumos superiores de azúcar, grasa saturada, sodio y colesterol, además de bajo consumo de frutas, verduras, lácteos y raciones de cereales por arriba de la

recomendación (Quizan-Plata *et al.*, 2021). En el presente estudio, solo el 25% de los escolares se ubicó en un patrón dietario saludable.

Nuestros resultados fueron similares a los descritos por Galvan-Portillo *et al.* (2018) quienes identificaron tres patrones dietéticos en niños y adolescentes mexicanos: patrón diverso (similar al patrón saludable), patrón alto en grasas (similar al ultra-procesado) y patrón alto en azúcares (similar al deficiente). Se ubicaron más niños (51%) en el patrón alto en azúcares, seguido del patrón alto en grasas (36%) y por último el patrón diverso (13%).

Por otra parte, diversos estudios han mencionado que los alimentos ultra-procesados están abarcando más territorio en la dieta habitual de los niños de todo el mundo. Aportan el 65% de la ingesta energética diaria de los niños británicos, 67% de niños de E.U.A. y casi el 50% en niños europeos (Lauria *et al.*, 2021; Parnham *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2021) y que dan como resultado, contenidos dietéticos reducidos en fibra, proteínas, vitaminas y minerales y mayor contenido de grasa y azúcar. Esto es lo mismo que se vio reflejado en nuestros resultados a excepción de las proteínas.

Hay que tomar en cuenta las zonas geoestadísticas en las que se encuentran las primarias con grado de marginación medio que estudiamos, es factor primordial en las prácticas de alimentación de los niños. García-Chávez *et al.* (2020), identificaron 4 patrones dietarios similares a los nuestros: tradicional, industrializado, variado y moderno en escolares que participaron en la ENSANUT 2012. Los autores encontraron que los factores sociodemográficos se asociaron con los patrones dietarios de los niños, habiendo mayor probabilidad de tener un patrón moderno que tradicional entre los escolares que viven en la región norte, así como un patrón moderno e industrializado, en niños con mayor nivel socioeconómico, en comparación con los patrones tradicional y variado.

Otro estudio de patrones dietarios en escolares brasileños reportó que los patrones de ingesta dietética en los niños, con frutas y verduras, refrigerios y golosinas, café y pan, leche, queso y carnes procesadas, arroz y frijoles y carbohidratos, están fuertemente influenciados por las características socioeconómicas. Pese a que en nuestro proyecto no se realizó una diferencia por nivel socioeconómico, los 30 niños de la escuela en una zona con muy bajo grado de marginación seguían predominantemente el patrón saludable (53.3%), seguido del ultra-procesado (26.6%) y por último el deficiente (20%). Por lo tanto, podemos inferir que nuestros datos se ven influenciados en parte por el acceso a alimentos saludables y de mayor riqueza nutricional.

Contreras-Navarro & Ortega-Vélez (2019), evaluaron la distribución de establecimientos de comida por nivel de marginación social, en áreas geoestadísticas básicas de Hermosillo, Sonora,

así como el estado de seguridad nutricional, de mujeres adultas. Encontraron que las tortillas, el pan, la papa, el arroz y otros cereales, aportaron el 32.42% de la energía total, seguida de productos de origen animal (19.80%), bebidas azucaradas (16.07%) y alimentos ultra-procesados (8.44%). Además, el bajo consumo de frutas y verduras y el alto consumo de grasas y azúcares, pueden estar asociados con factores de accesibilidad y los procesos de toma de decisiones de los alimentos que influyen en el contenido energético y la calidad nutricional. Esto porque de acuerdo al grado de marginación de la zona, es como se distribuyen los establecimientos de comida, incluyendo tiendas de abarrotes, supermercados, tiendas de conveniencia y depósitos de cerveza. Los establecimientos principales se encontraron visiblemente en áreas menos marginadas, siendo los barrios en la periferia de la ciudad los más desatendidos.

Un estudio que evaluó la distribución social de los patrones dietéticos en 2345 mujeres de Tijuana, B.C., mostró que en las mujeres de bajos ingresos prevalecía más una dieta basada en maíz, arroz y frijoles, mientras que las mujeres con mayor ingreso tendían a comer más verduras, frutas y cereales integrales (Bojorquez *et al.*, 2015). Partiendo de esto, podemos inferir que las elecciones alimentarias de las madres influyen en los patrones dietéticos de sus hijos. Hebestreit *et al.* (2017), mostraron el rol de los padres como predictor importante de los patrones dietéticos de los niños. Por otra parte, el entorno alimentario de las escuelas es otro elemento que facilita el acceso a alimentos con pobre calidad nutricional. Barrera *et al.* (2016), evaluaron el entorno alimentario alrededor de escuelas primarias públicas de diferentes ciudades de México (Cuernavaca, Morelos y Guadalajara, Jalisco) mostrando mayor número de vendedores ambulantes ofertando alimentos poco saludables. Esto podría explicar el por qué los patrones deficientes y ultra-procesados predominaron más en nuestros niños.

6.4 Interrelaciones entre Dieta, Estado Nutricio y Microbiota

6.4.1 Patrones Dietarios y Estado Nutricio

Se comparó el puntaje Z de IMC/edad de acuerdo al patrón dietario de los niños (Figura 3). Los niños del patrón dietario ultra-procesado tuvieron una Z media de 0.81 ± 1.48 , los del patrón

saludable 1.52 ± 1.09 y los del patrón deficiente 0.95 ± 1.68 sin diferencias significativas entre patrones dietarios ($p > 0.05$). Esto coincide con los hallazgos en el estudio de Flores-Moreno et al. (2022), quienes no encontraron diferencias entre los parámetros antropométricos y metabólicos de escolares de la ciudad de México y sus patrones dietarios. En niños sonorenses Quizán-Plata et al. (2021), no encontraron asociación entre la calidad de la dieta y la presencia de sobrepeso y obesidad. Tampoco en niños de edad preescolar se encontró asociación entre los patrones dietéticos y el sobrepeso y la obesidad infantil (Rutayisire *et al.*, 2018).

En un estudio de la misma naturaleza que el nuestro, pero realizado en niños mexicanos del centro del país, Rodríguez-Ramírez et al. (2011), encontraron 5 patrones dietarios. El patrón de platos dulces de cereales y maíz y el patrón occidental, se asociaron positivamente al sobrepeso y la obesidad. Tal contraste con nuestro estudio, se puede deber a diversos factores (ambientales, sociales, genéticos), que también son determinantes en el aumento del sobrepeso y la obesidad en los niños, además de los componentes dietéticos. Es notorio en el Cuadro 6, el exceso de grasa ingerida por nuestros niños en cualquiera de los patrones dietarios, aunque con diferencias entre ellos.

Farooqi & O’Rahilly (2005), estimaron la herencia genética del IMC en alrededor del 40 al 70% de los niños. Otro aspecto a tomar en cuenta, es que no evaluamos la actividad física y es un factor determinante en la prevención del exceso de masa corporal en niños. Piirtola et al. (2017), demostraron, en gemelos finlandeses, que un nivel más alto de actividad física se asoció con masa y grasa corporal más baja, incluso después de controlar factores genéticos y el entorno infantil. Por lo tanto, son varias causas influyendo en los resultados, incluso el recordatorio de 24 h, que no proporciona la imagen completa de las prácticas alimentarias habituales (Gibson *et al.*, 2017).

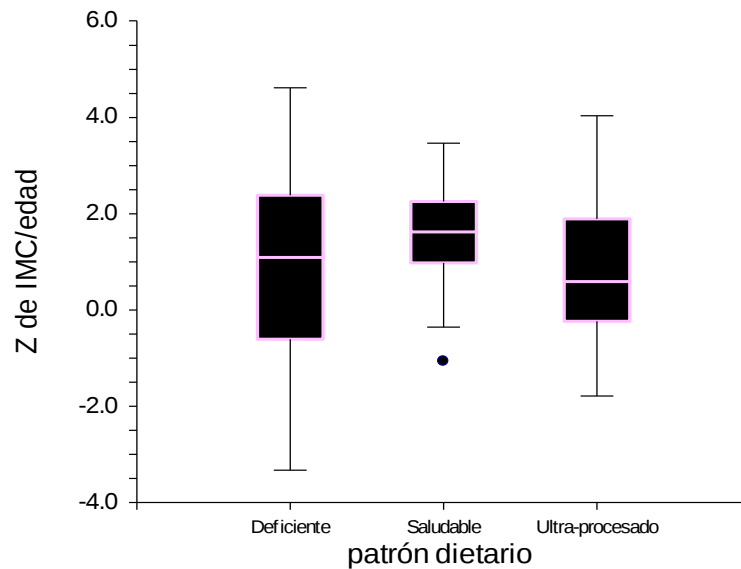


Figura 3. Puntaje Z de IMC para la edad de escolares según patrón dietario ($p>0.05$)

6.4.2. Patrones Dietarios y *Bacteroides spp*

Uno de los objetivos de esta investigación fue comparar la acumulación de *Bacteroides* en muestras de heces de los participantes de acuerdo al patrón dietario en el que se situaron, como un acercamiento a la composición de la microbiota intestinal. Esto porque se ha descrito que el microbioma intestinal de niños preadolescentes está dominado a nivel género por *Bacteroides* seguido de *Prevotella*, *Faecalibacterium* y *Bifidobacterium* (Deering *et al.*, 2020), tal y como lo hemos encontrado en estudios previos en nuestra población infantil con afecciones de salud (Mejía León *et al.*, 2014; Calderón de la Barca *et al.*, 2020).

Las muestras analizadas en este estudio provienen de una sub-muestra de 31 niños de los cuales 9 pertenecieron al patrón ultra-procesado, 7 al patrón saludable y 15 al patrón deficiente. Una vez extraído el ADN se realizó la cuantificación de *Bacteroides*, usando iniciadores específicos, descritos antes en la sección de métodos.

La proporción de *Bacteroides* en la microbiota de acuerdo al patrón dietario consumido por los participantes, se muestra en la Figura 4. Los niños con dieta ultra-procesada tuvieron 12.8% de *Bacteroides*, 10.9% los de patrones saludable y 6.7% en el deficiente, sin diferencias entre sí

($p>0.05$). Esto, podría deberse al tamaño de muestra pequeño en cada patrón dietario y la dispersión de los datos obtenidos.

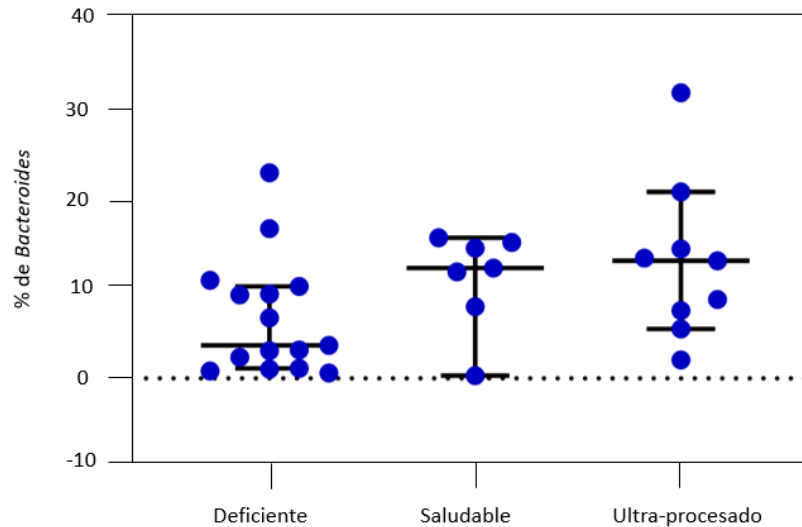


Figura 4. Comparación de la proporción de *Bacteroides* de acuerdo con el patrón dietario consumido por los niños ($p > 0.05$)

Graf *et al.*, (2015) mencionaron que las bebidas azucaradas preparadas con jarabe de maíz de alta fructosa, indujeron disminución de *Firmicutes* y aumento de *Bacteroides*, promoviendo la disfunción de la barrera epitelial y el posterior aumento de la permeabilidad intestinal. Esto, coincide con Ramne *et al.* (2021), que encontraron asociación positiva entre la ingesta de bebidas azucaradas y la relación de *Firmicutes*:*Bacteroides*. Por su parte, la fructosa disminuye la abundancia del subgénero *Bacteroides thetaiotamicron*, bacteria intestinal beneficiosa asociada con dieta magra y saludable (Townsend *et al.*, 2019).

Otros ingredientes inherentes de los alimentos ultra-procesados son los aditivos. Suez *et al.* (2014a) demostraron que los edulcorantes artificiales como la sacarina, se relacionaban con el aumento de *Bacteroides* y *Clostridiales* en ratones.

La dieta influye en la microbiota, en función de sus interacciones entre los nutrientes. Así, se buscó correlación entre la abundancia de *Bacteroides* y macronutrientes (Cuadro 7), encontrando asociación positiva con grasa total ($r=0.454$, $p=0.010$), grasa saturada ($r=0.359$, $p=0.047$) y asociación negativa con carbohidratos ($r= -0.554$, $p=0.001$). Esto era de esperarse ya que las dietas

occidentalizadas altas en grasas y bajas en fibra, se asocian positivamente con *Bacteroides* (Nakayama *et al.*, 2017).

Cuadro 7. Asociación entre la abundancia de *Bacteroides* y el consumo de macronutrientes

% de <i>Bacteroides</i>	Coefficiente de correlación*	P
Proteína (%)	0.303	0.096
Grasa (%)	0.454	0.010
Grasa saturada (%)	0.359	0.047
Carbohidratos (%)	-0.554	0.001
Fibra (g)	0.038	0.836

*Correlación de Spearman.

Los patrones dietarios están conformados por variedad de alimentos muy *ad hoc* con cada patrón que integran. Las grasas y azúcares son características del patrón dietario ultra-procesado. Concretamente David *et al.* (2013), mostraron que las dietas ricas en grasas que provienen únicamente de origen animal (carne, queso) cambian drástica e inmediatamente la estructura de la comunidad microbiana en adultos. En ratones, se demostró que la exposición a ciclos de tres días de una dieta alta en grasas aumentó la abundancia de *Bacteroides* y *Clostridium* (Carmody *et al.*, 2015), lo que coincide con nuestros datos, donde el consumo de grasa total y saturada por parte de los escolares se asoció positivamente con la abundancia de *Bacteroides*.

En el presente estudio no se encontró correlación entre el consumo de fibra y *Bacteroides*. Sin embargo, sí se vio un efecto en relación con los carbohidratos. En la mayoría de los niños del patrón deficiente, había 10% o menos de *Bacteroides* y fue el patrón con mayor consumo de carbohidratos y fibra, que en los otros dos patrones. En un estudio relacionado Aguilar-López (2021), evaluó la microbiota intestinal y su relación con la dieta en niños de una zona rural de México. Encontró que la fibra se asoció con menor abundancia de *Bacteroidaceae*-*Porphyromonadaceae*-*Prevotellaceae*. Lo opuesto reportó Clemente *et al.* (2015), encontraron una mayor abundancia de *Bacteroides* en personas adultas de E.U.A., cuya dieta es baja en consumo de fibra.

De Filippo *et al.* (2010), destacaron las diferencias en la microbiota intestinal entre los niños de Burkina Faso y niños italianos. Los autores encontraron los niveles más altos de *Prevotella* en los niños de Burkina Faso con alto consumo de fibra, respecto a los italianos con patrón dietético ultra-

procesado y mayor acumulación de *Bacteroides*. En un estudio previo se observó que, en nuestra población infantil sana, las proporciones de *Bacteroides* y *Prevotella*, fueron intermedias entre los niños subsaharianos de la zona rural y los italianos urbanos (Mejía León *et al.*, 2014).

La fibra dietética puede tener un gran impacto en la composición, diversidad y riqueza de la microbiota, favoreciendo el crecimiento de bacterias con capacidad para degradar los carbohidratos complejos (Cronin *et al.*, 2021). Las personas que consumen dietas bajas en fibra tienden a una diversidad microbiana reducida, siendo probable que alberguen microbios que prosperan con aminoácidos y lípidos, debido a que la fibra dietética es reemplazada en la dieta por proteínas y grasas (Martinez *et al.*, 2017), como se ve reflejado en el patrón ultra-procesado.

Los resultados mostraron asociación de *Bacteroides* con el consumo de grasa total, saturada y carbohidratos totales de los escolares. Dicho conjunto coincide, en parte, con lo reportado por Wu *et al.* (2011) quienes relacionan las dietas con proteínas y grasas y bajas en carbohidratos y fibra, con mayor concentración de *Bacteroides* en heces.

Como se mencionó anteriormente en el presente proyecto se evaluó la abundancia de *Bacteroides* porque suele asociarse con patrones occidentales y se ha encontrado disminuido en patrones más saludables (Agus *et al.*, 2016; Beam *et al.*, 2021). Sin embargo, hay una gran heterogeneidad dentro del mismo género que muestran patrones de correlación distintos con los componentes de la dieta (de Filippis *et al.*, 2016). Por lo tanto, una asociación indiscriminada del género *Bacteroides* con patrones dietéticos específicos, puede brindar una visión simplificada.

Dado que, ya teníamos la evaluación nutricional nos interesó conocer si había alguna asociación entre el puntaje Z de IMC y la abundancia de *Bacteroides*. Sin embargo, no se encontró una asociación entre ambas en nuestro estudio ($r=0.085$, $p=0.645$) coincidiendo con lo reportado por Houtman *et al.* (2022), quienes sugieren que no hay una relación de F/B y el z/de IMC en los primeros 12 años de vida.

7. CONCLUSIÓN

La primera parte de la hipótesis se cumple, ya que disminuyeron las proporciones de niños en los patrones ultra-procesado y saludable, aumentando en el patrón dietario deficiente, con respecto a lo encontrado previo a la pandemia, en la misma población. Esto puede deberse al entorno alimentario, la accesibilidad a alimentos además del impacto económico.

En cuanto a la segunda parte de la hipótesis, las prevalencias de sobrepeso y obesidad fueron altas en los tres patrones dietarios, sin diferencias entre sí, Tampoco se observaron diferencias por puntaje Z de IMC/edad, ni en la abundancia de *Bacteroides spp* por patrón dietario. Sin embargo, si se encontró asociación entre el consumo de carbohidratos, grasa y grasa total con la abundancia de *Bacteroides spp*, adjudicándose a los alimentos propios de cada patrón. Además, el consumo de edulcorantes no calóricos provino en gran parte del consumo de bebidas azucaradas y golosinas, características de los patrones ultra-procesado y deficiente, pero no así del patrón saludable.

En conclusión, en escolares hermosillenses de 8 a 11 años de zonas semi-marginadas, la distribución de los patrones dietarios ya inadecuados, se afectó con el confinamiento, incrementando la proporción con patrón deficiente. Independientemente del patrón dietario, las prevalencias de sobrepeso y obesidad fueron muy altas, por la elevada ingestión de grasas. La ingestión de edulcorantes no calóricos fue excesiva, destacándose en los de patrones ultraprocesado y deficiente. Si no se toman medidas, estas tendencias se perpetuarían, favoreciendo el sobrepeso y obesidad, así como el riesgo de enfermedades, en etapas posteriores.

8. REFERENCIAS

- Agans R., Rigsbee L., Kenche H., Michail S., Khamis H. J., y Paliy O. 2011. Distal gut microbiota of adolescent children is different from that of adults. *FEMS Microbiology Ecology*. 77(2): 404–412.
- Aguayo Patrón S.V. (2017). Dieta y microbiota intestinal como factores de riesgo para el desarrollo de autoinmunidad en enfermedad celiaca o diabetes tipo 1 [Tesis de Doctorado]. Hermosillo, Sonora: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
- Aguayo-Patrón S.V., y 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.
- Aguilar López T. (2021). La microbiota intestinal y su relación con la dieta, la composición corporal y marcadores bioquímicos en niños escolares [Tesis de Doctorado]. Querétaro, Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro
- Agus A., Denizot J., Thévenot J., Martinez-Medina M., Massier S., Sauvanet P., et al. 2016. Western diet induces a shift in microbiota composition enhancing susceptibility to Adherent-Invasive *E. coli* infection and intestinal inflammation. *Scientific Reports*. 6(1): 1-14.
- Andrieu E., Darmon N., y Drewnowski A. 2006. Low-cost diets: more energy, fewer nutrients. *European Journal of Clinical Nutrition*. 60(3): 434–436.
- Balthazar E.A., y de Oliveira M.R.M. 2011. Differences in dietary pattern between obese and eutrophic children. *BMC Research Notes*. 4(1): 1–7.
- Barrera L.H., Rothenberg S.J., Barquera S., y Cifuentes E. 2016. The toxic food environment around elementary schools and childhood obesity in Mexican cities. *American Journal of Preventive Medicine*. 51(2): 264–270.
- Beam A., Clinger E., y Hao L. 2021. Effect of diet and dietary components on the composition of the gut microbiota. *nutrients*. 13(8): 2795.
- Bergström A., Licht T.R, Wilcks A., Andersen J.B., Schmidt L.R., Grønlund H.A., et al. 2012. Introducing GUT low-density array (GULDA): a validated approach for qPCR-based intestinal microbial community analysis. *FEMS Microbiology Letters*. 337(1):38-47.
- Bibbò S., Ianiro G., Giorgio V., Scaldaferri F., Masucci L., Gasbarrini A., y Cammarota G. 2016. The role of diet on gut microbiota composition. *European Review for Medical Pharmacological Sciences*. 20 (22):4742-4749.
- Bojorquez I., Unikel C., Cortez I., y Cerecero D. 2015. The social distribution of dietary patterns. Traditional, modern and healthy eating among women in a Latin American city. *Appetite*. 92: 43–50.
- Bolte L. A., Vich Vila A., Imhann F., Collij V., Gacesa R., Peters V., et al. 2021. Long-term dietary patterns are associated with pro-inflammatory and anti-inflammatory features of the gut microbiome. *Gut*. 70(7): 1287–1298.

- Borre Y.E., O’Keeffe G.W., Clarke G., Stanton C., Dinan T.G., y Cryan, J.F. 2014. Microbiota and neurodevelopmental windows: implications for brain disorders. *Trends in Molecular Medicine*. 20(9): 509–518.
- Bösch S., Lobstein T., Brinsden H., Ralston J., Bull F., Willumsen J., et al. 2018. Taking action on childhood obesity. Geneva, Switzerland: World Obesity Federation and World Health Organization.
- Boushey C., Ard J., Bazzano L., Heymsfield S., Mayer-Davis E., Sabaté J., et al. 2020. Dietary patterns and growth, size, body composition, and/or risk of overweight or obesity: A Systematic Review.
- Caesar R., Tremaroli V., Kovatcheva-Datchary P., Cani P.D., y Bäckhed F. 2015. Crosstalk between gut microbiota and dietary lipids aggravates WAT inflammation through TLR signaling. *Cell Metabolism*. 22(4): 658.
- Calderón de la Barca A.M., Castillo-Fimbres R.S., Mejía-León M.E., Quihui-Cota L., Ochoa-Leyva A., y Aguayo-Patrón S.V. 2020. Enteric parasitic infection disturbs bacterial structure in Mexican children with autoantibodies for type 1 diabetes and/or celiac disease. *Gut Pathogens* 12:37.
- Carmody R.N., Gerber G.K., Luevano J.M., Gatti D.M., Somes L., Svenson K.L., y Turnbaugh P.J. 2015. Diet dominates host genotype in shaping the murine gut microbiota. *Cell Host and Microbe*. 17(1): 72–84.
- Castillo-Ruiz O., Velazquez G., Uresti-Marín R.M., Mier N., Vázquez M., y Ramírez De León J.A. 2012. Estudio de los hábitos alimentarios de niños de 4-6 años de Reynosa, Tamaulipas (México). *CyTA-Journal of Food*. 10(1): 5–11.
- Chang K., Khandpur N., Neri D., Touvier M., Huybrechts I., Millett C., y Vamos E.P. 2021. Association between childhood consumption of ultraprocessed food and adiposity trajectories in the avon longitudinal study of parents and children birth cohort. *JAMA Pediatrics*. 175(9): e21157.
- Chen X., Zhang Z., Yang H., Qiu P., Wang H., Wang F., Zhao Q., Fang J., y Nie J. 2020. Consumption of ultra-processed foods and health outcomes: a systematic review of epidemiological studies. *Nutrition Journal*. 19(1): 1–10.
- Cheng J., Ringel-Kulka T., Heikamp-De Jong I., Ringel Y., Carroll I., de Vos W.M., Salojärvi J., y Satokari R. 2016. Discordant temporal development of bacterial phyla and the emergence of core in the fecal microbiota of young children. *The ISME Journal*. 10(4): 1002–1014.
- Clemente J.C., Pehrsson E.C., Blaser M.J., Sandhu K., Gao Z., Wang B., et al. 2015. The microbiome of uncontacted Amerindians. *Science Advances*. 1(3): 1-12.
- Conlon M.A., y Bird A.R. 2015. The impact of diet and lifestyle on gut microbiota and human health. *Nutrients*. 7(1): 17.
- Costa C.S., Rauber F., Leffa P.S., Sangalli C.N., Campagnolo P.D.B., y Vitolo M.R. 2019. Ultra-processed food consumption and its effects on anthropometric and glucose profile: a longitudinal study during childhood. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*. 29(2): 177–184.
- Cronin P., Joyce S.A., O’toole P.W., y O’connor E.M. 2021. Dietary fibre modulates the gut

- microbiota. *Nutrients*. 13(5).
- Dahl W.J., Rivero Mendoza D., y Lambert J.M. 2020. Diet, nutrients and the microbiome. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*. 171: 237–263.
- David L.A., Maurice C.F., Carmody R.N., Gootenberg D.B., Button J.E., Wolfe B.E., et al. 2013. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature*. 505(7484): 559–563.
- De Filippis F., Pellegrini N., Laghi L., Gobbetti M., y Ercolini D. 2016. Unusual sub-genus associations of faecal *Prevotella* and *Bacteroides* with specific dietary patterns. *Microbiome*. 4(1): 57.
- De Filippo C., Cavalieri D., di Paola M., Ramazzotti M., Poullet J.B., Massart S., et al. 2010. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 107(33): 14691–14696.
- De Onis M., Onyango A.W., Borghi E., Siyam A., Nishida C. y Siekmann, J. 2007. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*. 85(9): 660-7.
- De Souza R. de L.V., Madruga S.W., Gigante D.P., Santos I.S., Barros A.J.D., y Assunção M.C.F. 2013. Padrões alimentares e fatores associados entre crianças de um a seis anos de um município do Sul do Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*. 29(12): 2416–2426.
- Deering K.E., Devine A., O’sullivan T.A., Lo J., Boyce M.C., y Christophersen C.T. 2020. Characterizing the composition of the pediatric gut microbiome: a systematic review. *Nutrients*. 12(1): 16.
- Derrien M., Alvarez A.S., y de Vos W.M. 2019. The gut microbiota in the first decade of life. *Trends in Microbiology*. 27(12): 997–1010.
- Diamanti-Kandarakis E., Bourguignon J.P., Giudice L.C., Hauser R., Prins G.S., Soto A.M., et al. (2009). Endocrine-disrupting chemicals: an endocrine society scientific statement. *Endocrine Reviews*. 30(4): 293.
- Dietary Guidelines Advisory Committee. 2015. Scientific Report of the 2015 Dietary Guidelines Advisory Committee: Advisory Report to the Secretary of Health and Human Services and the Secretary of Agriculture. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC
- Dietary Guidelines Advisory Committee. 2020. Scientific Report of the 2020 Dietary Guidelines Advisory Committee: Advisory Report to the Secretary of Agriculture and the Secretary of Health and Human Services. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC.
- Dogra S., Sakwinska O., Soh S.E., Ngom-Bru C., Brück W.M., Berger B., et al. 2015. Rate of establishing the gut microbiota in infancy has consequences for future health. *Gut Microbes*. 6(5): 321–325.
- Dong D., Bilger M., van Dam R.M., y Finkelstein E.A. 2015. Consumption of specific foods and beverages and excess weight gain among children and adolescents. *Health Affairs*. 34(11): 1940–1948.
- Eccles J. S. 1999. The development of children ages 6 to 14. *Future of Children*. 9(2): 30–44.

- FAO. (2003). Global and regional food consumption patterns and trends. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/005/AC911E/ac911e05.htm>
- FAO. (2019a) La obesidad se triplica en América Latina por un consumo de ultraprocesados y comida rápida. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2019/11/1465321>
- FAO. (2019b). México es donde más se comen alimentos ultraprocesados de América Latina y el Caribe. Recuperado de: <https://www.fao.org/mexico/noticias/detail-events/es/c/1252734/>
- Farooqi I.S., y O’Rahilly S. 2005. New advances in the genetics of early onset obesity. *International Journal of Obesity*. 29(10): 1149–1152.
- Filgueiras A.R., Pires de Almeida V.B., Koch Nogueira P.C., Alvares Domene S.M., Eduardo da Silva C., Sesso R., y Sawaya A.L. 2019. Exploring the consumption of ultra-processed foods and its association with food addiction in overweight children. *Appetite*. 135: 137–145.
- Flores M., Macías N., Rivera M., Barquera S., Hernández L., García-Guerra A., y Rivera J.A. 2009. Energy and nutrient intake among Mexican school-aged children, Mexican National Health and Nutrition Survey 2006. *Salud Pública de México*. 51(4): S540–S550.
- Flores M.E., Rivera-Pasquel M., Macías N., Sánchez-Zamorano L.M., Rodríguez-Ramírez S., Contreras-Manzano A., y Denova-Gutiérrez E. 2021. Dietary patterns in Mexican preschool children are associated with stunting and overweight. *Revista de Saude Publica*. 55: 1–13.
- Flores-Moreno B.J., Martínez-Andrade G., Klünder-Klünder M., Miranda-Lora A.L., Beristain-Lujano B., Flores-Huerta S., et al. 2022. Evidence of unhealthy dietary patterns in the school lunch sent from home for children in Mexico City. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(18): 11650.
- Galvan-Portillo M., Sánchez E., Cárdenas-Cárdenas L.M., Karam R., Claudio L., Cruz M., y Burguete-García A.I. 2018. Dietary patterns in Mexican children and adolescents: Characterization and relation with socioeconomic and home environment factors. *Appetite*. 121: 275–284.
- Gaona-Pineda E.B., Mejía-Rodríguez F., Cuevas-Nasu L., Gómez-Acosta L.M., Rangel-Baltazar E., Flores-Aldana M.E., et al. 2018. Dietary intake and adequacy of energy and nutrients in Mexican adolescents: Results from Ensanut 2012. *Salud Pública de México*. 60(4): 404–413.
- García O.P., Long K.Z., y Rosado J.L. 2009. Impact of micronutrient deficiencies on obesity. *Nutrition Reviews*. 67(10): 559–572.
- García-Chávez C.G., Rivera J.A., Monterrubio-Flores E., y Rodríguez-Ramírez S. 2020. Dietary patterns are associated with obesity in Mexican schoolchildren. *European Journal of Clinical Nutrition*. 74(8): 1201–1209.
- García-Chávez C.G., Rodríguez-Ramírez S., Rivera J.A., Monterrubio-Flores E., y Tucker K.L. 2018. Sociodemographic factors are associated with dietary patterns in Mexican schoolchildren. *Public Health Nutrition*. 21(4): 702–710.
- García-Jacobo S.G., García-Urías S.K., Gracia-Rodríguez E.G., y Correa-Valenzuela S.E. 2019. Estado nutricional y nivel socioeconómico en escolares de 7-9 años de Ciudad Obregón, Sonora. *SANUS*. 10: 20–32.
- Gaufin T., Tobin N.H., y Aldrovandi G.M. 2018. The importance of the microbiome in pediatrics and pediatric infectious diseases. *Current Opinion in Pediatrics*. 30(1): 117–124.

- Gensollen T., Iyer S. S., Kasper D. L., y Blumberg R. S. 2016. How colonization by microbiota in early life shapes the immune system. *Science*. 352(6285): 539–544.
- Gibney M. J. 2018. Ultra-Processed Foods: Definitions and policy issues. *Current Developments in Nutrition*. 3(2): nzy077.
- Gibson R.S., Ruth Charrondiere U., y Bell W. 2017. Measurement errors in dietary assessment using self-reported 24-hour recalls in low-income countries and strategies for their prevention. *Advances in Nutrition*. 8(6): 980.
- Gillis L., y Gillis A. 2005. Nutrient inadequacy in obese and non-obese youth. *Canadian Journal of Dietetic Practice and Research : A Publication of Dietitians of Canada = Revue Canadienne de La Pratique et de La Recherche En Dietetique : Une Publication Des Dietetistes Du Canada*, 66(4): 237–242.
- González-Calderón O. y Expósito de Mena H. 2020. Alimentación del niño preescolar, escolar y adolescente. *Pediatría Integral*. XXIV(2): 98 – 107.
- Graf D., di Cagno R., Fåk F., Flint H. J., Nyman M., Saarela M., y Watzl B. 2015. Contribution of diet to the composition of the human gut microbiota. *Microbial Ecology in Health and Disease*. 26: 26164.
- Hanawa Y., Higashiyama M., Kurihara C., Tanemoto R., Ito S., Mizoguchi A., Nishii S., et al. 2021. Acesulfame potassium induces dysbiosis and intestinal injury with enhanced lymphocyte migration to intestinal mucosa. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 36(11): 3140–3148.
- Hebestreit A., Intemann T., Siani A., Dehenauw S., Eiben G., Kourides Y.A., et al. 2017. Dietary patterns of European children and their parents in association with family food environment: results from the i.family study. *Nutrients*. 9(2): 126.
- Hollister E.B., Riehle K., Luna R.A., Weidler E.M., Rubio-Gonzales M., Mistretta T.A., et al. 2015. Structure and function of the healthy pre-adolescent pediatric gut microbiome. *Microbiome*. 3: 36.
- Houtman T.A., Eckermann H.A., Smidt H., y de Weerth C. 2022. Gut microbiota and BMI throughout childhood: the role of firmicutes, bacteroidetes, and short-chain fatty acid producers. *Scientific Reports*. 12(1): 1–13.
- Hu F.B. 2002. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. *Current Opinion in Lipidology*. 13(1): 3–9.
- ITAL, Instituto Tecnológico de Alimentos. Alimentos procesados. (2021). ¿Qué son los alimentos procesados? Recuperado de: <https://alimentosprocessados.com.br/es/alimentos-processados-o-que-sao.php>
- Jaimes J.D., Slavíčkova A., Hurych J., Cinek O., Nichols B., Vodolanova L., et al. 2021. Stool metabolome-microbiota evaluation among children and adolescents with obesity, overweight, and normal-weight using ¹H NMR and 16S rRNA gene profiling. *PloS One*. 16(3): e0247378.
- Jiménez Aguilar A., González Castell D., Flores Aldana M., Mundo Rosas V., Hernández Cordero S., García Feregrino R., Jiménez Aguilar A., et al. 2018. Ingesta dietética y adecuación en preescolares mexicanos: Encuesta Nacional de Nutrición y Salud 2012. *Nutrición Hospitalaria*. 35(5). 1186–1194.

- Jiménez-Aguilar A., Gaona-Pineda E.B., Mejía-Rodríguez F., Gómez-Acosta L.M., Méndez-Gómez Humarán I., y Flores-Aldana M. 2014. Consumption of fruits and vegetables and health status of Mexican children from the National Health and Nutrition Survey. *Salud Publica de Mexico*. 56(2): s103-12.
- Keim N.L., y Martin R.J. 2014. Dietary whole grain-microbiota interactions: insights into mechanisms for human health. *Advances in Nutrition*. 5(5): 556–557.
- Khandpur N., Neri D.A., Monteiro C., Mazur A., Frelut M.L., Boyland E., Weghuber D., y Thivel D. 2020. Ultra-processed food consumption among the paediatric population: an overview and call to action from the European childhood obesity group. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 76(2): 109–113.
- Kong L.C., Holmes B.A., Cotillard A., Habi-Rachedi F., Brazeilles R., Gougis S., et al. 2014. Dietary patterns differently associate with inflammation and gut microbiota in overweight and obese subjects. *PloS One*. 9(10): e109434
- Korpela K., y de Vos W.M. 2016. Antibiotic use in childhood alters the gut microbiota and predisposes to overweight. *Microbial Cell*. 3(7): 296.
- Landrigan P.J., y Goldman L.R. 2011. Children's vulnerability to toxic chemicals: a challenge and opportunity to strengthen health and environmental policy. *Health Affairs (Project Hope)*. 30(5): 842–850.
- Latasa P., Louzada M.L.D.C., Martinez Steele E., y Monteiro C.A. 2018. Added sugars and ultra-processed foods in Spanish households (1990-2010). *European Journal of Clinical Nutrition*. 72(10): 1404–1412.
- Laudisi F., Di Fusco D., Dinallo V., Stolfi C., Di Grazia A., Marafini I., et al. 2019. The food additive maltodextrin promotes endoplasmic reticulum stress-driven mucus depletion and exacerbates intestinal inflammation. *Cellular and Molecular Gastroenterology and Hepatology*. 7: 457–473.
- Lauria F., dello Russo M., Formisano A., de Henauw S., Hebestreit A., Hunsberger M., et al. 2021. Ultra-processed foods consumption and diet quality of European children, adolescents and adults: Results from the I.Family study. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*. 31(11): 3031–3043.
- Lecomte V., Kaakoush N.O., Maloney C.A., Raipuria M., Huinao K.D., Mitchell H.M., y Morris M.J. 2015. Changes in gut microbiota in rats fed a high fat diet correlate with obesity-associated metabolic parameters. *PloS On*. 10(5): e0126931
- Leung C.W., DiMatteo S.G., Gosliner W.A., y Ritchie L.D. 2018. Sugar-sweetened beverage and water intake in relation to diet quality in U.S. Children. *American Journal of Preventive Medicine*. 54(3): 394.
- López-Teros V., Quihui-Cota L., Gutiérrez-Rivera M. de los Á., Duarte Figueroa M. E., Esparza-Romero J., Pacheco-Moreno B. I., et al. 2012. Patrones y componentes alimentarios y su asociación con indicadores antropométricos en preescolares de Hermosillo, Sonora. *Biocencia*. 14(1): 44-53.
- Maillot M., Darmon N., Vieux F., y Drewnowski, A. (2007). Low energy density and high nutritional quality are each associated with higher diet costs in French adults. *The American*

- Journal of Clinical Nutrition. 86(3): 690–696.
- Malesza I.J., Malesza M., Walkowiak J., Mussin N., Walkowiak D., Aringazina R., et al. 2021. High-fat, western-style diet, systemic inflammation, and gut microbiota: A narrative review. *Cells*. 10(11): 3164.
- Marrón-Ponce J.A., Sánchez-Pimienta T.G., da Costa Louzada M.L., y 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.
- Martines R.M., Machado P.P., Neri D.A., Levy R.B., y Rauber F. 2019. Association between watching TV whilst eating and children's consumption of ultraprocessed foods in United Kingdom. *Maternal & Child Nutrition*. 15(4): e12819.
- Martinez K.B., Leone V., y Chang E.B. 2017. Western diets, gut dysbiosis, and metabolic diseases: Are they linked? *Gut Microbes*. 8(2): 130.
- Martini D., Godos J., Bonaccio M., Vitaglione P., y Grosso G. 2021. Ultra-processed foods and nutritional dietary profile: a meta-analysis of nationally representative samples. *Nutrients*. 13(10): 3390
- Martín-Rodríguez A., Bustamante-Sánchez Á., Martínez-Guardado I., Navarro-Jiménez E., Plata-SanJuan E., Tornero-Aguilera J. F., y Clemente-Suárez V. J. 2022. Infancy dietary patterns, development, and health: an extensive narrative review. *Children*. 9(7): 1072.
- Mejía-León M.E., Petrosino J.F., Ajami N.J., Domínguez-Bello M.G., Calderón de la Barca A.M. 2014. Fecal microbiota imbalance in Mexican children with type 1 diabetes. *Scientific Reports* 4:3814.
- Mejía-León y Calderón de la Barca A.M. 2015. Perinatal factors and type 1 diabetes-associated dysbiosis in Mexican infants. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*. 72(5): 333–338.
- Millen, B.E., Abrams, S., Adams-Campbell, L., Anderson, C.A.M., Brenna, J.T., Campbell, W.W., et al. 2016. The 2015 Dietary Guidelines Advisory Committee Scientific Report: Development and Major Conclusions. *Advances in Nutrition*. 7(3): 438–444.
- Moeller S.M., Reedy J., Millen A.E., Dixon L.B., Newby P.K., Tucker K.L., et al. 2007. Dietary patterns: challenges and opportunities in dietary patterns research an experimental biology workshop. *Journal of the American Dietetic Association*. 107(7): 1233–1239.
- Monteiro C.A y Cannon G. 2012. El gran tema en nutrición y salud pública es el ultra-procesamiento de alimentos. *World Nutrition*. 1(6): 230-236.
- Monteiro C.A., Cannon G., Levy R., Moubarac J.C., Jaime P, Martins A.P., et al. 2016 Classificação dos alimentos. *Saúde Pública. NOVA. A estrela brilha. A World Nutrition*. 7(1-3): 28-40.
- Monteiro C.A., Cannon G., Levy R.B., Moubarac J.C., Louzada M.L.C., Rauber F., et al. 2019. Ultra-processed foods: what they are and how to identify them. *Public Health Nutrition*. 22(5): 936–941.
- Moreno-Galarraga L., Martín-Álvarez I., Fernández-Montero A., Santos Rocha B., Ciriza Barea E., y Martín-Calvo N. 2021. Consumo de productos ultraprocessados y enfermedades respiratorias sibilantes en niños. *Proyecto SENDO. Anales de Pediatría*. 95(1): 18–25.

- Moubarac J.C., Batal M., Louzada M.L., Martinez Steele E., Monteiro C.A. 2017. Consumption of ultra-processed foods predicts diet quality in Canada. *Appetite*. 108: 512–520.
- Murga-Garrido S.M., Orbe-Orihuela Y.C., Díaz-Benítez C.E., Castañeda-Márquez A.C., Cornejo-Granados F., Ochoa-Leyva A., et al. 2022. Alterations of the gut microbiome associated to methane metabolism in Mexican children with obesity. *Children*. 9(2): 148.
- Murillo-Castillo K.D., Frongillo E.A., Corella-Madueño M.A., y Quizán-Plata T. 2020. Food Insecurity was associated with lower fruits and vegetables consumption but not with overweight and obesity in children from Mexican fishing communities. *Ecology of Food and Nutrition*. 59(4): 420–435.
- Nakayama J., Yamamoto A., Palermo-Conde L.A., Higashi K., Sonomoto K., Tan J., y Lee Y.K. 2017. Impact of westernized diet on gut microbiota in children on Leyte Island. *Frontiers in Microbiology*. 8: 197.
- Navarro A.C., y Vélez M.I.O. 2019. Obesogenic environment case study from a food and nutrition security perspective: Hermosillo City. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16(3): 407.
- Neri D., Martinez-Steele E., Monteiro C.A., y Levy R.B. 2019. Consumption of ultra-processed foods and its association with added sugar content in the diets of US children, NHANES 2009-2014. *Pediatric Obesity*. 14(12): e12563.
- Neuhouser M.L. 2019. The importance of healthy dietary patterns in chronic disease prevention. *Nutrition Research*. 70: 3–6.
- Nieto-Orozco C., Chanin Sangochian A., Tamborrel Signoret N., Vidal González E., Tolentino-Mayo L., y Vergara-Castañeda A. 2017. Percepción sobre el consumo de alimentos procesados y productos ultraprocesados en estudiantes de posgrado de la Ciudad de México. *Journal of Behavior, Health & Social Issues*. 9(2): 82–88.
- Oliveira T., Ribeiro I., Jurema-Santos G., Nobre I., Santos R., Rodrigues C., et al. 2020. Can the consumption of ultra-processed food be associated with anthropometric indicators of obesity and blood pressure in children 7 to 10 years old? *Foods*. 9(11): 1567.
- OPS. (2015). Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina: tendencias, efecto sobre la obesidad e implicaciones para las políticas públicas. Washington, DC
- OPS. (2019). Alimentos ultraprocesados ganan más espacio en la mesa de las familias latinoamericanas. Washington DC, EU. Recuperado de: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=15530:ultra-processed-foods-gain-ground-among-latin-american-and-caribbean-families&Itemid=1926&lang=es#gsc.tab=0
- OPS/OMS. (2017). Clasificación de alimentos y sus implicaciones en la salud. Recuperado de: <http://www.alkemydiagnostico.com/novedades/noticia/170>
- Ortega M.I., Morales G.G., Quizán P.T., et al. 1999. Cálculo de ingestión dietaria y coeficientes de adecuación a partir de registro de 24 horas y frecuencia de consumo de alimentos. Estimación del consumo de alimentos. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora.
- Oyarzún M.-T., Uauy R., y Olivares S. 2001. Enfoque alimentario para mejorar la adecuación

- nutricional de vitaminas y minerales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 51(1): 7–18.
- Pagliai G., Dinu M., Madarena M. P., Bonaccio M., Iacoviello L., y Sofi F. 2021. Consumption of ultra-processed foods and health status: a systematic review and meta-analysis. *The British Journal of Nutrition*. 125(3): 308–318.
- Parnham J.C., Chang K., Rauber F., Levy R.B., Millett C., Lavery A.A., et al. 2022. The ultra-processed food content of school meals and packed lunches in the United Kingdom. *Nutrients*. 14(14): 2961.
- Pérez-Rodrigo C., Gil Á., González-Gross M., Ortega R. M., Serra-Majem L., Varela-Moreiras G., y Aranceta-Bartrina J. 2015. Clustering of dietary patterns, lifestyles, and overweight among Spanish children and adolescents in the ANIBES study. *Nutrients*. 8(1): 11
- Piirtola M., Kaprio J., Waller K., Heikkilä K., Koskenvuo M., Svedberg P., Silventoinen K., et al. 2017. Leisure-time physical inactivity and association with body mass index: a finnish twin study with a 35-year follow-up. *International Journal of Epidemiology*. 46(1): 116–127.
- Polanco Allué I. 2005. Alimentación del niño en edad preescolar y escolar. *Anales de Pediatría*. 03: 54–63.
- Popkin B.P. (2020). El impacto de los alimentos ultraprocesados en la salud. 2030 - Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe, No. 34. Santiago de Chile. FAO.
- Poti J.M., Braga B., y Qin B. 2017. Ultra-processed food intake and obesity: what really matters for health-processing or nutrient content? *Current Obesity Reports*. 6(4): 420–431.
- Qiu C., y Hou M. 2020. Association between food preferences, eating behaviors and socio-demographic factors, physical activity among children and adolescents: a cross-sectional study. *Nutrients*. 12(3): 640.
- Quatromoni P.A., Copenhafer D.L., Demissie S., D’Agostino R.B., O’Horo C.E., Nam B.H., y Millen B.E. 2002. The internal validity of a dietary pattern analysis. *The Framingham Nutrition Studies. Journal of Epidemiology and Community Health*. 56(5): 381–388.
- Quizán T., Anaya-Barragán C., Esparza-Romero J., Orozco-García ME., Espinoza-López A, Bolaños-Villar A.V. 2013. Efectividad del programa promoción de alimentación saludable en estudiantes de escuelas públicas del estado de Sonora. *Estudios Sociales*. 42:176-203
- Quizan-Plata T., Murillo-Castillo K.D., Bolaños-Villar A.V., y Corella-Madueño M.A.G. 2021. Monounsaturated fat intake was associated with lower abdominal obesity but poor dietary quality remains in elementary school children from Northwest Mexico. *Ecology of Food and Nutrition*. 61(3): 337-352.
- Racine A., Carbonnel F., Chan S.S. M., Hart A.R., Bas Bueno-De-Mesquita H., Oldenburg B., et al. 2016. Dietary patterns and risk of inflammatory bowel disease in Europe: results from the EPIC study. *Inflammatory Bowel Diseases*. 22(2): 345–354.
- Ramne S., Brunkwall L., Ericson U., Gray N., Kuhnle G.G.C., Nilsson P. M., et al. 2021. Gut microbiota composition in relation to intake of added sugar, sugar-sweetened beverages and artificially sweetened beverages in the Malmö Offspring Study. *European Journal of Nutrition*. 60(4): 2087–2097.
- Ringel-Kulka T., Cheng J., Ringel Y., Salojärvi J., Carroll I., Palva A., et al. 2013. Intestinal microbiota in healthy U.S. young children and adults—A high throughput microarray

- analysis. *PloS One*. 8(5): e64315.
- Rinninella E., Cintoni M., Raoul P., Lopetuso L. R., Scaldaferri F., Pulcini G., et al. 2019. Food components and dietary habits: keys for a healthy gut microbiota composition. *Nutrients*. 11(10): 2393.
- Rivera-Pasquel M.E., González-Castell L.D., Rodríguez-Ramírez S., y Flores M. 2015. Patrones dietarios en prescolares. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 65(1): 143-144.
- Rodríguez- Ramírez S., Mundo-Rosas V., García-Guerra A., y Shamah-Levy T. 2011. Dietary patterns are associated with overweight and obesity in Mexican school-age children. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 61(3): 270-278
- Rothschild D., Weissbrod O., Barkan E., Kurilshikov A., Korem T., Zeevi D., et al. 2018. Environment dominates over host genetics in shaping human gut microbiota. *Nature*. 555(7695): 210–215.
- Rutayisire E., Wu X., Huang K., Tao S., Chen Y., Wang S., y Tao F. 2018. Dietary patterns are not associated with overweight and obesity in a sample of 8900 Chinese preschool children from four cities. *Journal of Nutritional Science*. 7: 1–7.
- Sakkas H., Bozidis P., Touzios C., Kolios D., Athanasiou G., Athanasopoulou E., et al. 2020. Nutritional status and the influence of the vegan diet on the gut microbiota and human health. *Medicina*. 56(2): 88
- Sambra V., López-Arana S., Cáceres P., Abrigo K., Collinao J., Espinoza A., et al. 2020. Overuse of non-caloric sweeteners in foods and beverages in chile: a threat to consumers' free choice? *Frontiers in Nutrition*. 7: 68.
- Shamah-Levy T., Romero-Martínez M., Barrientos-Gutiérrez T., Cuevas-Nasu L., Bautista-Arredondo S., Colchero M.A., et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2020 sobre Covid-19 (ENSANUT Covid-19, 2020). Resultados nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2021
- Shamah-Levy T., Vielma-Orozco E., Heredia-Hernández O., Romero-Martínez M., Mojica-Cuevas J., Cuevas-Nasu L., et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19 (ENSANUT, 2018). Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2020.
- Shang X., Li Y., Liu A., Zhang Q., Hu X., Du S., et al. 2012. Dietary pattern and its association with the prevalence of obesity and related cardiometabolic risk factors among Chinese children. *PloS One*. 7(8): e43183
- Shen W., Gaskins H.R., y McIntosh M.K. 2014. Influence of dietary fat on intestinal microbes, inflammation, barrier function and metabolic outcomes. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 25(3): 270–280.
- Shi Z. 2019. Gut Microbiota: an important link between western diet and chronic diseases. *Nutrients*. 11(10): 2287
- Simonyté Sjödin K., Hammarström M.L., Rydén P., Sjödin A., Hernell O., Engstrand L., y West C.E. 2019. Temporal and long-term gut microbiota variation in allergic disease: a prospective study from infancy to school age. *Allergy*. 74(1): 176–185.
- Singh R.K., Chang H.W., Yan D., Lee K. M., Ucmak D., Wong K., et al. 2017. Influence of diet on

- the gut microbiome and implications for human health. *Journal of Translational Medicine*. 15(1): 1–17.
- Srour B., Fezeu L.K., Kesse-Guyot E., Allès B., Debras C., Druesne-Pecollo N., et al. 2020. Ultraprocessed food consumption and risk of type 2 diabetes among participants of the nutrinet-santé prospective cohort. *JAMA Internal Medicine*. 180(2): 283–291.
- Suez J., Cohen Y., Valdés-Mas R., Mor U., Dori-Bachash M., Federici S., et al. 2022. Personalized microbiome-driven effects of non-nutritive sweeteners on human glucose tolerance. *Cell*. 185(18): 3307-3328.e19.
- Suez J., Korem T., Zeevi D., Zilberman-Schapira G., Thaïss C. A., Maza O., et al. 2014. Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature*. 514(7521): 181–186.
- Taylor C. M., & Emmett P. M. 2019. Picky eating in children: causes and consequences. *The Proceedings of the Nutrition Society*. 78(2): 161–169.
- Townsend G.E., Han W., Schwalm N.D., Raghavan V., Barry N.A., Goodman A.L., y Groisman E.A. 2019. Dietary sugar silences a colonization factor in a mammalian gut symbiont. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 116(1): 233–238.
- Trakman G.L., Fehily S., Basnayake C., Hamilton A.L., Russell E., Wilson-O’Brien A., y Kamm M. A. 2022. Diet and gut microbiome in gastrointestinal disease. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 37(2): 237–245.
- Trasande L., Shaffer R.M., y Sathyanarayana S. 2018. Food additives and child health. *Pediatrics*. 142(2): e20181410.
- Uebanso T., Ohnishi A., Kitayama R., Yoshimoto A., Nakahashi M., Shimohata T., Mawatari K., y Takahashi A. 2017. Effects of low-dose non-caloric sweetener consumption on gut microbiota in mice. *Nutrients*. 9(6): 560.
- UNICEF México. (2019). La mala alimentación está perjudicando la salud de la infancia mundialmente. Recuperado de: <https://www.unicef.org/mexico/comunicados-prensa/la-mala-alimentaci%C3%B3n-est%C3%A1-perjudicando-la-salud-de-la-infancia-mundialmente>
- Vargas-Meza J., Cervantes-Armenta M.A., Campos-Nonato I., Nieto C., Marrón-Ponce J.A., Barquera S., Flores-Aldana M., y Rodríguez-Ramírez S. 2022. Dietary sodium and potassium intake: Data from the Mexican National Health and Nutrition Survey 2016. *Nutrients*. 14(2): 281
- Vázquez-Durán M., Jiménez-Corona M.E., Moreno-Altamirano L., Graue-Hernández E.O., Guarneros N., Jiménez-Corona L., et al. 2020. Social determinants for overweight and obesity in a highly marginalized population from Comitán, Chiapas, Mexico. *Salud Pública de México*. 62(5): 477–486.
- Vedovato G.M., Vilela S., Severo M., Rodrigues S., Lopes C., y Oliveira A. 2021. Ultra-processed food consumption, appetite traits and BMI in children: a prospective study. *The British Journal of Nutrition*. 125(12): 1427–1436.
- Vergara A.P.M., Espinoza A.L., Moreno A.G.M., Gómez S.J.B., Rodríguez T.Y.M., y Gamboa N.H. 2022. Socioeconomic and sociodemographic determinants associated with fruit and

- vegetable consumption among mothers and homes of schoolchildren in Jalisco. *Nutrición Hospitalaria*. 39(1): 111–117.
- Walter J. Tannock G.W., Tilsala-Timisjarvi A., Rodtong S., Loach D.M., Munro K., et al. 2000. Detection and identification of gastrointestinal *Lactobacillus* species by using denaturing gradient gel electrophoresis and species-specific PCR primers. *Applied Environmental Microbiology*. 66(1): 297-303.
- Wang L., Martínez Steele E., Du M., Pomeranz J.L., O'Connor L.E., Herrick K.A., et al. 2021. Trends in consumption of ultraprocessed foods among US youths aged 2-19 years, 1999-2018. *JAMA*. 326(6): 519–530.
- WHO. 2007. BMI for age (5-19 years). Recuperado de: <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/indicators/bmi-for-age>
- WHO. 2009. AnthroPlus. Geneva. <http://www.who.int/growthref/tools/en/>
- Worm M. 2011. Q&A: Food additive intolerance. *BMC Medicine*. 9(1): 1–2.
- Wu G.D., Chen J., Hoffmann C., Bittinger K., Chen Y.Y., Keilbaugh S.A., et al. 2011. Linking long-term dietary patterns with gut microbial enterotypes. *Science*. 334(6052): 105–108.
- Zhong H., Penders J., Shi Z., Ren H., Cai K., Fang C., et al. 2019. Impact of early events and lifestyle on the gut microbiota and metabolic phenotypes in young school-age children. *Microbiome*. 7(1): 1–14.

9. ANEXOS

9.1 Carta de Consentimiento Informado

Evaluación de alimentación en escolares por medio de encuesta dietaria ESTUDIO DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO (CIAD)

Responsables: Dra. Ana María Calderón de la Barca y LN. Miriam Hernández Torres

Nombre del niño: _____ Edad: _____ Grado: _____

Fecha de nacimiento: _____

Declaración:

Entiendo que este estudio requerirá de la participación de mi hijo/a para:

- Medición de peso y talla de mi hijo
- Responder en dos ocasiones a preguntas de alimentos y bebidas que come en un día.

Una vez recabados los puntos anteriores se requerirá mi participación para:

- Aportar una muestra de heces fecales de mi hijo en una sola ocasión cuando me sea solicitado.

Beneficios:

Los datos de peso y talla quedarán a disposición de la escuela. Si gusta, se le informará al final sobre el desarrollo del niño y sus necesidades de alimentación.

Preguntas:

Para cualquier duda o pregunta que usted tenga, así como si ya no desea que el niño siga participando, por favor llámenos.

Responsables	Teléfono oficina	Teléfono celular
Dra. Ana María Calderón de la Barca	662 289 2400 ext. 306	662 233 7732
L.N. Miriam Hernández		222 181 5291

Consentimiento/participación voluntaria:

Entiendo que este estudio es para ver si mi hijo está creciendo bien y está bien alimentado. Así como, el conocimiento de si posiblemente la dieta está afectando la salud intestinal de mi hijo. Por eso, acepto voluntariamente y me doy por enterado (a) de las mediciones y entrevistas que se le harán a mi hijo en este estudio.

Nombre y firma de autorización: _____

Número de contacto: _____

Fecha de aceptación: _____

9.2 Carta de Aprobación del Comité de Ética



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Centro de Investigación
en Alimentación y Desarrollo

Comité de Ética en Investigación del CIAD
Hermosillo, Sonora, 25 de noviembre 2021
Registro: CONBIOÉTICA-26-CEI-001-20200122
CEI/029-1/2021

Dra. Ana María Calderón de la Barca
Investigador Titular
Coordinación de Nutrición
Departamento de Nutrición y Metabolismo
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C
PRESENTE

Estimada Dra. Calderón de la Barca:

Me permito comunicarle que el Comité de Ética de Investigación de nuestro centro (CEI-CIAD) ha revisado de nuevo *el formato para la aprobación del proyecto para la revisión ética de las actividades que involucren riesgos a personas (o animales) en estudio, la carta de consentimiento informado y la propuesta de investigación "Efectos del patrón dietario ultra-procesado sobre la barrera intestinal, la microbiota y la respuesta inmune de escolares"* de la cual usted es la responsable técnica.

Con base en la información proporcionada y con fundamento en el marco jurídico mexicano vigente (Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, TÍTULO SEGUNDO, CAPÍTULO I, II y III); este Comité expide el siguiente:

DICTAMEN: APROBADO

Cualquier **modificación o suspensión** del protocolo **aprobado**, deberá notificarlo al CEI-CIAD. Además, durante el mes de diciembre 2021, solicitaremos el estatus de avance que guarda el protocolo, información de relevancia para la conservación del Registro de este CEI-CIAD ante la CONBIOÉTICA, por lo que le pedimos amablemente responder a la brevedad la información que sea requerida.

Atentamente


Dr. Luis Quihui Cota
Presidente del Comité de Ética en Investigación del CIAD
C/c.p. Archivo



9.3 Recomendaciones Nutricionales para Escolares Entregadas a los Padres

Alimentación de los niños de 8 a 11 años

Recomendaciones generales

- Reducir el consumo de jamón, salami, pepperoni y salchicha.
- Cocinar con poca cantidad de aceite vegetal, como el de canola, cártamo o girasol en lugar de manteca.
- En lugar de cereal de caja, darle al niño avena sola o con plátano.
- Evitar botanas como papas, churritos, chicharrones, galletas y dulces.
- Servir al niño cantidades moderadas de cada alimento.
- Preferir agua sola o de limón, jamaica u otra fruta, en lugar de sodas, jugos o bebidas en polvo (Tang, zuko).
- Dar al niño frutas y verduras frescas. Si la cáscara es comestible, solo lavarla.

SOLO MUY DE VEZ EN CUANDO:

- Margarina y mantequilla.
- Dulces, pan de dulce, caramelos, pasteles
- Sodas y jugos envasados
- Salchichas y jamones

Recomendaciones para la prevención y tratamiento del sobrepeso y obesidad en los niños.

- Reducir el consumo de salchichas y jamón.
- Servir cantidades no muy grandes y una sola vez
- No darle ningún alimento frito. Freír los frijoles con muy poco aceite y poquita sal.
- En la comida y cena preferir platillos ligeros como ensaladas, pures o sopas (verduras, tortilla, queso, papa)
- Incluir verduras en cada tiempo de comida
- Servir una sola vez sopa de fideos, arroz, frijoles o papas
- Condimentar con ajo, pimienta, cilantro o comino, para disminuir el consumo de sal.
- Preferir los quesos con poca grasa como el queso fresco regional, panela o Oaxaca.

Carne sin grasa	3-4 porciones/ semana
Huevos	3-4 porciones/semana
Frijoles y lentejas	2-4 porciones/ semana
Leche, yogurt, queso	2-4 porciones/día
Frutas y verduras	al menos 2 porciones/día
Pan, arroz, pasta y papas	4-6 porciones/día
Agua	4-8 tazas/día

Ejemplo de menú

Tiempo de comida	Alimentos
Desayuno	1 naranja 2 quesadillas en tortilla de agua o de maíz, con salsa bandera preparada en casa.
Colación matutina	1 vaso chico de leche 5 galletas de animalitos
Comida	Arroz (media taza) Ensalada de atún con poca mayonesa Una tortilla de maíz Agua de limón
Colación vespertina	Una fruta que le guste
Cena	2 molletes (birote, frijoles, salsa bandera) Una fruta 1 vaso mediano de leche sin azúcar ni chocolate.

Evitar en lo posible alimentos con advertencias:

