



IMPORTANCIA DE LA LECHE MATERNA Y LA ALIMENTACIÓN TEMPRANA EN EL DESARROLLO Y LA SALUD DE LA MICROBIOTA INTESTINAL

IMPORTANCE OF BREAST MILK AND EARLY FEEDING IN THE DEVELOPMENT AND HEALTH OF THE INTESTINAL MICROBIOTA

Heidi Estefanía Ocaña Sánchez ^{1*}

¹ Universidad Técnica de Ambato, Facultad Ciencias de la Salud, Carrera de Nutrición y Dietética. Ecuador.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3796-9062>. Correo: hocana0982@uta.edu.ec

Sayuri Violeta Manzano Salazar ²

² Universidad Técnica de Ambato, Facultad Ciencias de la Salud, Carrera de Nutrición y Dietética. Ecuador.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3346-2571>. Correo: sv.manzano@uta.edu.ec

* Autor para correspondencia: hocana0982@uta.edu.ec

Resumen

La leche materna es considerada como el alimento ideal durante los primeros meses de vida debido a su papel fundamental en el desarrollo integral del lactante. Su composición única combina nutrientes esenciales, oligosacáridos, compuestos bioactivos y microorganismos vivos, que no solo satisfacen las necesidades nutricionales del bebé, sino que también desempeñan un rol decisivo en el establecimiento y la maduración de la microbiota intestinal. Este artículo tiene como propósito compilar y examinar críticamente la evidencia científica existente acerca del papel de la microbiota intestinal y sus funciones claves en la digestión, la protección contra patógenos y la modulación del sistema inmunológico. Estos mecanismos contribuyen a la prevención de infecciones y a la reducción del riesgo de enfermedades crónicas como alergias, obesidad y diabetes tipo 1. En este contexto, la leche materna se posiciona como un factor esencial no solo para la nutrición temprana, sino también para la programación inmunológica y el desarrollo de una microbiota intestinal saludable, con efectos que pueden extenderse a lo largo de toda la vida.

Palabras clave: leche materna; microbiota intestinal; alimentación temprana; sistema inmunológico; prebióticos/probióticos



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistabiosana@gmail.com



Abstract

Breast milk is considered the ideal food during the first months of life due to its fundamental role in the comprehensive development of the infant. Its unique composition combines essential nutrients, oligosaccharides, bioactive compounds, and live microorganisms, which not only meet the nutritional needs of the baby but also play a decisive role in the establishment and maturation of the intestinal microbiota. The purpose of this article is to gather and analyze scientific evidence on the impact of the gut microbiota and its key functions in digestion, protection against pathogens, and modulation of the immune system. These mechanisms contribute to the prevention of infections and the reduction of the risk of chronic diseases such as allergies, obesity, and type 1 diabetes. In this context, breast milk positions itself as an essential factor not only for early nutrition but also for immune programming and the development of a healthy gut microbiota, with effects that can extend throughout life.

Keywords: breast milk; gut microbiota; early nutrition; immune system; chronic diseases

Fecha de recibido: 24/03/2025

Fecha de aceptado: 11/06/2025

Fecha de publicado: 13/06/2025

Introducción

La nutrición materna durante el embarazo y la alimentación del niño en los primeros 1,000 días de vida constituyen un factor determinante para su adecuado desarrollo y estado de salud a corto y largo plazo. (1). La alimentación que reciben los niños en sus primeros años de vida, especialmente la proporcionada por la madre, es crucial para un crecimiento óptimo y un crecimiento cerebral adecuado. Diversos estudios han demostrado que la alimentación exclusiva con leche materna durante los primeros meses de vida reduce significativamente la incidencia de enfermedades en el recién nacido, favoreciendo un desarrollo inmunológico y metabólico más saludable. La leche materna es el alimento óptimo durante la primera etapa de vida, ya que aporta nutrientes clave como los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (LC-PUFA), fundamentales para el desarrollo neurológico del lactante (2).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su estrategia global menciona que la alimentación exclusiva con leche materna durante los primeros seis meses de vida se asocia con múltiples beneficios para la salud del lactante, incluyendo una mejor protección inmunológica, óptimo crecimiento y desarrollo, así como una reducción en el riesgo de infecciones y enfermedades crónicas. También recomiendan empezar a alimentarlo con leche materna en la primera hora después de nacer (3).

Al respecto, la leche humana es un fluido fisiológico altamente complejo y especializado, considerado la fuente óptima de nutrición postnatal para el lactante debido a su composición única y adaptativa, incluye no solo nutrientes esenciales (vitaminas, minerales, proteínas), células, hormonas, moduladores del sistema inmunitario (citocinas, inmunoglobulina A, microARN), y una variedad de microorganismos (bacterias,



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistabiosana@gmail.com



arqueas, virus, protozoos y hongos anaerobios) denominados colectivamente el microbiota de la leche materna (4).

Estas bacterias no sólo están presentes o son transitorias; también son miembros transcripcionalmente activos de la comunidad intestinal del bebé. Estas bacterias son una fuente constante y fisiológica de bacterias comensales que también pueden ser potencialmente patógenas en el intestino del bebé. Aparte del impacto que tienen en el niño, estas bacterias también contribuyen a conservar la salud materna, otramante a prevenir la mastitis (4).

Durante la vida, la alimentación durante los primeros años de vida. Está ampliamente demostrado que la leche materna protege a los bebés de muchas enfermedades como infecciones, problemas del sistema inmunológico, enfermedades del corazón, leucemia, problemas intestinales y enfermedades del estómago. Además, el ejercicio cerebral mejora la capacidad mental y puede ayudar a prevenir problemas como el trastorno por déficit de atención, y cambios en la personalidad o comportamiento (5).

Se ha descubierto que, en los lactantes alimentados con leche materna, las bifidobacterias y los lactobacilos predominan en grandes cantidades y extraen compuestos bioactivos de los oligosacáridos no digeribles (HMO) de la leche materna, mientras que la fermentación de estos HMO contribuye a la formación de grasas de cadena corta (6). La leche materna proporciona un amplio espectro de factores biológicamente activos que ayudan al desarrollo y la maduración del intestino, el metabolismo sistémico y los sistemas inmunológicos innato y adquirido. También desarrolla una microbiota protectora y de apoyo (7).

El establecimiento del microbioma intestinal en la etapa neonatal es un proceso clave con implicaciones duraderas para la salud a lo largo de la vida. Diversos factores influyen en la colonización microbiana temprana, entre los cuales la leche materna desempeña un papel fundamental. Su aporte de microorganismos, compuestos bioactivos y nutrientes específicos modula el desarrollo del sistema digestivo e inmunológico del lactante, lo que puede influir significativamente en la susceptibilidad a enfermedades y en la homeostasis a largo plazo (8).

La presencia de ciertos agentes patógenos en el estómago de los neonatos es importante para que su sistema de defensa crezca y se desarrolle adecuadamente. Existen bacterias asociadas a perfil saludable de microbiota, como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, ayudan a nuestro sistema inmunológico manteniendo un equilibrio saludable. Esto puede prevenir enfermedades autoinmunes y alérgicas. Los componentes bioactivos de la leche materna como los oligosacáridos, las proteínas con actividad antimicrobiana (por ejemplo, lactoferrina e inmunoglobulinas) y los ácidos grasos poliinsaturados promueven el establecimiento de una microbiota intestinal beneficiosa y contribuyen al fortalecimiento del sistema inmunológico del lactante. En el intestino coexisten microbiota residente, que coloniza de manera estable, y microbiota transitoria, cuya presencia es temporal y depende de factores ambientales y dietéticos (9).

Estudios científicos confirman que la microbiota intestinal influye en la función cerebral a través de una comunicación bidireccional a lo largo del eje microbiota-intestino-cerebro. Los estudios de animales criados en condiciones como esterilidad y uso de antibióticos asociados con microbiomas intestinales alterados en el período posnatal temprano han encontrado anomalías en la estructura y función del cerebro. Estos efectos pueden persistir hasta la niñez y la edad adulta, lo que resalta la importancia de un microbioma saludable durante las etapas críticas del desarrollo neurológico (2).





Conjuntamente, el microbiota intestinal influye en la maduración del sistema inmunológico, la absorción de nutrientes y la protección contra la colonización de patógenos. Los cambios en la composición del microbiota intestinal se asocian con condiciones de salud a largo plazo como la obesidad, las enfermedades idiopáticas y las enfermedades inflamatorias crónicas. (10). Las alteraciones en el microbiota intestinal se han relacionado con varias enfermedades, incluida la enfermedad inflamatoria intestinal, la enterocolitis necrotizante, la diabetes, la obesidad, el cáncer, las alergias y el asma. (11)

Los hallazgos sugieren que ciertas bacterias, incluidas *Streptococcus* y *Veillonella*, pueden transferirse de la leche materna al intestino del bebé, lo que puede influir en el desarrollo de la microbioma intestinal. Por tanto, el primer año de vida es crucial para el establecimiento y desarrollo de la microbiota intestinal en la infancia, y la leche materna se considera el principal determinante de su composición (11, 12).

Además, se han observado consistentemente diferencias en las comunidades microbianas intestinales entre los bebés amamantados y los alimentados con fórmula y se ha planteado la hipótesis de que median la relación entre la lactancia materna y la reducción del riesgo de varias enfermedades transmisibles y no transmisibles como la desnutrición infantil, anemia, en las primeras etapas de la vida. A pesar de décadas de investigación sobre el microbioma intestinal infantil, todavía existen importantes lagunas científicas en nuestra comprensión de cómo evolucionó la leche materna para apoyar el desarrollo de microbios y el sistema inmunológico (8).

Consecuentemente, se puede considerar que ideal establecida en la primera hora postnatal, la lactancia materna proporciona componentes inmunológicos, oligosacáridos específicos y microorganismos. Los efectos funcionales de la leche materna -que no son estrictamente nutricionales- son inmunológicos, madurativos y metabólicos, y el microbiota del lactante actúa como intermediaria (13).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue investigar cómo los métodos de alimentación específicos afectan el desarrollo y la composición del microbiota intestinal de los bebés mediante una revisión bibliográfica. En última instancia, este conocimiento puede proporcionar recomendaciones basadas en evidencia para estrategias de alimentación óptimas para promover una microbiota intestinal saludable y resultados de salud a largo plazo en esta población.

Materiales y métodos

Este estudio empleó un diseño longitudinal para investigar la influencia de la leche materna y la introducción temprana de alimentos sólidos en el desarrollo del microbiota intestinal en lactantes. Se realizó una búsqueda de artículos científicos, tesis, trabajos publicados en la web de los últimos cinco años desde el 2019 al 2024 en bases de datos referentes al área de Ciencias de la Salud tanto en inglés como en español. Las bases de datos utilizadas fueron: PubMed, LILACS, ScienceDirect, Revistas médicas previamente validadas, organismos oficiales como FAO, OMS, INEC. Las palabras claves empleadas son: leche materna, microbiota, alimentación complementaria, nutrición, nutrición temprana.

Las palabras claves empleadas fueron: alimentación, lactancia materna, leche materna, microbiota, intestino, factores de riesgo; (feeding, breastfeeding, breast milk, microbiota, intestine, risk factors). De igual forma se utilizaron operadores booleanos AND y OR para una mejor búsqueda de la información. Además, se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:





Criterios de inclusión

- Artículos científicos que contengan la información requerida y relacionados con el tema de estudio.
- Artículos científicos que detallen cómo la leche materna y la alimentación temprana influyen en el desarrollo y la salud de la microbiota intestinal.
- Artículos científicos con análisis detallados sobre la importancia de la leche materna y la alimentación en los niños.
- Artículos científicos que se encuentran en idioma inglés y español.
- Artículos científicos de ensayos clínicos.

Criterios de exclusión

- Artículos científicos que no se pueden visualizar el texto completo.
- Artículos científicos redactados en otro idioma.
- Artículos científicos que no tuvieron concordancia con el tema propuesto.
- Artículos científicos cuyos resultados no son fiables o relevantes acorde a la investigación.
- Revisión bibliográfica, sistemática, Tesis, informes y documentos sin relevancia científica.

Se recolectaron un total de 318 artículos, mediante el uso de las cadenas de búsqueda que se pueden ver en la tabla 1. No obstante solo se seleccionaron 23 como validos luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión.

Tabla 1. Resultados de la búsqueda

Base de datos	Cadena de Búsqueda	Resultado
PubMed	(feeding) AND (breast milk) AND (microbiota) AND (intestine)	142
LILACS	(feeding) AND (breast milk) AND (microbiota) AND (intestine)	32
ScienceDirect	(feeding) AND (breast milk) AND (microbiota) AND (intestine)	144
TOTAL		318

Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

Lactancia materna y la microbiota intestinal en los primeros años de vida

En esta sección se presentan la información más relevante de los artículos seleccionados como válidos para la revisión. En la tabla 2 se puede observar los resultados sobre la influencia que tiene la lactancia materna en la composición y función de la microbiota intestinal durante los primeros años de vida.

Tabla 2. Lecha materna y el microbiota intestinal

Nº	Autor	Población	Tratamiento	Resultados	Conclusiones
1	Ye et al. (14)	219 bebés muy prematuros	• Leche materna suplementada con calostro bovino (BC).	Los lactantes del grupo calostro bovino presentaron niveles más elevados de acetoacetato fecal, colina, metanol,	Los cambios en los metabolitos intestinales específicos de la fortificación y del tiempo sugieren que los fortificantes influyen en el



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistabiosana@gmail.com



Importancia de la leche materna y la alimentación temprana en el desarrollo y la salud de la microbiota intestinal

			• Leche materna suplementada con fortificante convencional	uracilo, creatina, creatinina y lisina, y una menor concentración de leucina en comparación con el grupo fortificante convencional.	metabolismo de los nutrientes luminales y en la actividad del microbiota en los bebés muy prematuros.
2	Hiraku et al. (15)	219 bebés de entre 37 semanas y 42 semanas.	• Suplementación con Bifidobacterium longum subsp. infantis (B. infantis) M-63. • Placebo.	La suplementación con B. infantis M-63 aumentó significativamente la abundancia relativa de Bifidobacterium en comparación con el grupo placebo.	La suplementación temprana con B. infantis M-63 es bien tolerada y contribuye al desarrollo del microbiota intestinal.
3	Romo et al. (16)	17 bebés prematuros	• Leche materna suplementada con aceite de triglicéridos de cadena media (MTC). • Leche materna.	La suplementación con MCT no alteró significativamente la diversidad o la composición del microbiota en el tracto gastrointestinal	El MCT es prometedor para reducir la colonización fúngica sin un impacto significativo en la composición bacteriana del tracto gastrointestinal.
4	Henrick et al. (17)	208 bebés	• Leche materna suplementada con Bifidobacterium infantis EVC001.	El agua fecal de los bebés suplementados con EVC001 contiene abundante indol-lactato y ácido indol-3-láctico (ILA) derivado de B. infantis.	La suplementación proporciona un vínculo funcional entre los microbios beneficiosos y la inmunorregulación durante los primeros meses de vida.
5	Zhu et al. (18)	108 bebés	• Lactancia materna • Fórmula infantil estándar • Fórmula infantil suplementada con 1,3-oleína-2-palmitina (OPO)	La función del metabolismo del microbiota intestinal mostró que el grupo de fórmula suplementada fue similar al grupo de lactancia materna en términos de ureólisis.	La administración fórmula suplementada con prebióticos y OPO, resultó en una diversidad bacteriana general y partes de la composición del microbiota fecal similar a las de los lactantes amamantados.
6	Kok et al. (19)	78 bebés de 60 días de nacidos	• Lactancia materna (HM) • Fórmula infantil con proteína de leche de vaca. • Fórmula infantil con aminoácidos libres	La abundancia relativa de Bifidobacterium aumentó con el tiempo y se enriqueció significativamente en el día 60 en el grupo HM. Los ácidos grasos de cadena corta/ramificada totales e individuales fueron	Proporcionar diferentes fuentes de proteína dietética en las primeras etapas de la vida puede influir en el microbiota intestinal y los metabolitos.





Importancia de la leche materna y la alimentación temprana en el desarrollo y la salud de la microbiota intestinal

				mayores para las fórmulas frente a HM hasta el día 60.	
7	Grzywacz et al. (20)	59 bebés de menos de 31 semanas.	• Leche materna • Fórmula con lactoferrina bovina	Los microbiomas de los bebés no aumentaron en diversidad alfa con el tiempo en ambas intervenciones de alimentación.	La suplementación con lactoferrina bovina tiene un impacto mínimo en la composición/función de la microbiota en bebés.
8	Castanet (21)	203 bebés de menos de 31 semanas.	• Fórmula con Bifidobacterium animal subsp. Lactis. • Fórmula con oligosacáridos derivados de la leche bovina-BMOS. • Leche materna	Hubo una superposición entre los perfiles de microbiota a la una y cuatro semanas de edad en el grupo de fórmula suplementada con BMOS con la referencia amamantada, dominada por bifidobacterias.	La suplementación con BMOS parece favorecer una maduración intestinal más cercana a la de los lactantes amamantados
9	Berger et al. (22)	203 bebés de menos de 6 meses.	• Leche materna (LM) • Fórmula de seguimiento (2'-fucosil-lactosa y lacto-N- neo- tetraosa; prueba) (HMO). • Fórmula de seguimiento (G3)	A los 3 meses, la composición de la microbiota en HMO parecía más cercana a la de LM que a G3 por análisis de diversidad alfa (dentro del grupo) y beta (entre grupos) de la microbiota.	La leche humana es el único y recomendado alimento para el recién nacido y contiene uno de los mayores componentes de diversos oligosacáridos.

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en la tabla 3 se puede observar los resultados sobre la influencia que tiene la introducción de alimentos complementarios y la dieta en la infancia en la diversidad y estabilidad de la microbiota intestinal.

Tabla 3. Introducción de alimentos complementarios y estabilidad de la microbiota intestinal.

Nº	Autor	Población	Método	Resultados	Conclusiones
10	Son et al. (23)	413 niños de entre 6 y 59 meses de edad	• Proteína de leche y carbohidratos de leche (MPMC) • Proteína de leche y carbohidratos vegetales (MPVC) • Proteína vegetal y carbohidratos	La β-diversidad entre los taxones bacterianos fue similar entre los grupos dietéticos. No se observaron diferencias significativas entre los grupos dietéticos entre los 20 taxones bacterianos más abundantes.	La permeabilidad intestinal anormal no mejora con 4 semanas de alimentación complementaria. El ARNr fecal no difiere con el consumo de diferentes dietas.



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistabiosana@gmail.com



			de leche (VPMC). • Alimentos totalmente a base de vegetales (VPVC).		
11	Plaza et al. (24)	43 bebés de 4 a 7 meses	• Cereales integrales al 0% con 24 g de azúcar (0-WG). • Cereales integrales al 50% con 12 g de azúcar (50-WG).	La composición microbiana cambió significativamente con el tiempo, por grupo de intervención. Dentro del grupo 0-WG, el filo Actinobacteria disminuyó junto con el género Bifidobacterium. En el grupo 50-WG, observamos un aumento de Lachnoclostridium y Bacteroides	La transición de una dieta basada en leche a alimentos complementarios altera el microbiota intestinal de los lactantes, siendo un efecto de apoyo de los cereales infantiles con un 50% de granos integrales y un contenido reducido de azúcar.
12	Da Silva et al. (25)	14 bebés de entre 5 y 12 meses	• Alimentos ricos en fibra y polifenoles.	La grosella negra combinada con otros alimentos y leche materna promovió el mayor aumento en la producción de acetato y ácidos grasos de cadena corta totales, mientras que la carne de cerdo combinada con otros alimentos y leche materna disminuyó la producción de ácidos grasos de cadena ramificada totales.	Los alimentos combinados con (frambuesas, calabazas y grosella negra) leche humana afectan la producción de ácidos grasos de cadena corta y ácidos grasos de cadena ramificada por los microbios colónicos
13	Leong et al. (26)	74 bebés a los 7 y 12 meses	• Baby-Led Introduction to SolidS (BLISS) (Alimentos ricos en hierro y energías) • Alimentación tradicional con cuchara de purés.	La diversidad alfa (número de unidades taxonómicas operativas [OTU]) fue significativamente menor en los bebés BLISS a los 12 meses de edad. No hubo diferencias significativas entre los bebés de control y BLISS en las abundancias relativas de Bifidobacteriaceae, Enterobacteriaceae,	La introducción de alimentos sólidos (alimentación complementaria o destete) a los lactantes conduce a composiciones más complejas de comunidades microbianas (microbiota o microbioma) en el intestino.





				Veillonellaceae, Bacteroidaceae, Erysipelotrichaceae, Lachnospiraceae o Ruminococcaceae.	
14	Ordiz et al. (27)	236 bebes de 6 a 12 meses	• Suplementación con caupí o frijol	La α-diversidad del microbioma fecal no varió entre los sujetos después del inicio de la suplementación con legumbres. Ni el caupí ni el frijol común alteraron la configuración general del 16S a ninguna edad.	La suplementación con legumbres en lactantes alimentados con leche materna no afectó la estructura de las comunidades microbianas intestinales hasta que los niños cumplieron 9 meses.
15	Calder et al. (28)	69 niños de entre 6 y 60 meses	• Suplementación con caupí. • Suplementación con inulina.	La disminución de la riqueza bacteriana fecal del día 1 (estimador de cobertura basado en la abundancia [ACE] 53,2) al día 7 (ACE 40,8) se observa solo en caupí.	Los alimentos enriquecidos con legumbres favorecen aspectos de la función intestinal y del microbioma.
16	Estorninos et al. (29)	226 niños de 6 meses de edad	• Fórmula a base de leche de vaca (control). • Fórmula que contenía 7,2 g de oligosacáridos derivados de la leche bovina MOS/L	La composición general del microbiota en MOS era diferente de control y más cercana a la de leche humana. A la edad de 4 meses, los recuentos de Clostridioides difficile y Clostridium perfringens fueron más bajos en MOS en comparación con control, respectivamente.	La fórmula infantil con MOS cambia el microbiota intestinal y la firma metabólica a una más cercana a la de leche humana, tiene un fuerte efecto bifidogénico, reduce los patógenos fecales y mejora la respuesta inmune intestinal.
17	Brink et al. (30)	42 niños de entre 3 y 9 meses	• Fórmula láctea a base de leche (MF). • Fórmula a base de soja (SF).	En los lactantes amamantados se observaron niveles más altos de ácido butírico, d-esfingosina, ácido quinurénico, ácido indol-3-láctico, ácido indol-3-acético y betaína.	La dieta infantil tiene un gran impacto en el microbioma y metaboloma fecales durante el primer año de vida
18	Kamng'ona et al. (31)	869 bebes de 6 a 18 meses	• Suplementos nutricionales basados en lípidos (LNS).	La diversidad MAZ y β no difirió a ninguna edad.	La ingesta de LNS prenatal y posnatal promovió la diversidad del microbiota intestinal del lactante a los 18





Importancia de la leche materna y la alimentación temprana en el desarrollo y la salud de la microbiota intestinal

				La diversidad α fue mayor a los 18 meses.	meses, después de 12 meses de suplementación infantil, pero no alteró la maduración del microbiota
19	Agapova et al. (32)	331 bebés de 12 a 23 meses	• Harina de frijol común. • Caupí tostado. • Mezcla de maíz y soja.	La adición de frijol común a la alimentación complementaria durante el segundo año de vida produjo una mejora en un biomarcador de la salud intestinal.	La adición de frijol común a la alimentación no se tradujo directamente en una mejora del crecimiento lineal.

Fuente: Elaboración propia

Relación entre la microbiota intestinal y el sistema inmunológico

Conjuntamente, en la tabla 4 se puede observar los resultados sobre las recomendaciones dietéticas para madres lactantes y niños pequeños que promuevan el desarrollo de una microbiota intestinal beneficiosa, además de la relación entre una microbiota intestinal saludable en la infancia y la función del sistema inmunológico.

Tabla 4. Microbiota intestinal saludable en la infancia y la función del sistema inmunológico.

Nº	Autor	Resultados	Recomendaciones
2	Hiraku et al. (15)	La leche materna, beneficia la salud infantil al promover la maduración de la función inmune, inhibir la inflamación excesiva, mejorar la función de barrera intestinal y aumentar la producción de acetato.	El uso materno de antimicrobianos en el parto tiene un efecto más fuerte que el modo de parto en el microbiota intestinal, en particular la colonización de bifidobacterias.
3	Romo et al. (16)	El microbiota de los bebés sanos se ha caracterizado por ser diversa y taxones saludables, mismos que se han asociado con el entrenamiento del sistema inmunológico, además de ser importantes para disminuir el riesgo de obesidad, alergias y asma.	La suplementación con aceite de triglicéridos de cadena media podría representar un enfoque más seguro y menos disruptivo para reducir la colonización fúngica en bebés con alto riesgo de infección fúngica.
4	Henrick et al. (17)	El microbiota de los bebés sanos proporciona un vínculo funcional entre los microbios beneficiosos y la inmunorregulación durante los primeros meses de vida.	Prolongar la lactancia materna más allá de los tres meses de edad, ya que durante este período se observa una activación particularmente intensa del sistema inmunológico, con respuestas celulares inmunes especialmente significativas. La leche materna, al contener compuestos inmunomoduladores, desempeña un papel clave en guiar y regular estas respuestas tempranas.
8	Castanet (21)	La ingesta de ácidos grasos esenciales, así como el genotipo de la desaturasa de ácidos grasos (FADS) materna e infantil, también	La leche materna proporciona numerosos factores que promueven el desarrollo intestinal.

Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistabiosana@gmail.com



Importancia de la leche materna y la alimentación temprana en el desarrollo y la salud de la microbiota intestinal

		son factores que influyen en la maduración del sistema inmunológico infantil.	
9	Berger et al. (22)	Los microbios desempeñan un papel fundamental en el desarrollo del sistema inmunitario y el metabolismo del huésped.	La leche es un fluido biológico rico que proporciona tanto protección como nutrición a los recién nacidos lactantes.
16	Estorninos et al. (29)	Un microbiota intestinal equilibrada proporciona una modulación de la respuesta inmune.	La inmunidad intestinal de los lactantes alimentados con fórmula puede modularse de forma beneficiosa mediante una fórmula infantil con un perfil de oligosacáridos mejorado mediante la adición de oligosacáridos derivados de la leche bovina MOS/L.
17	Brink et al. (30)	La nutrición infantil influye fuertemente en el ambiente intestinal durante la infancia, lo que a su vez modula el sistema inmunológico en desarrollo.	Fomentar la lactancia materna exclusiva durante los primeros seis meses de vida y, posteriormente, introducir alimentos complementarios ricos en fibra prebiótica (como frutas, verduras y cereales integrales)
20	Buonocore et al. (33)	El microbioma intestinal humano desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la salud humana, en particular en la intrincada relación entre las comunidades microbianas estables en el tracto gastrointestinal y el desarrollo temprano de la inmunidad del huésped.	Se recomienda versiones crudas de ajo, cebollas, puerros, espárragos, alcachofas de Jerusalén, hojas de diente de león, plátanos y algas marinas. En general, las frutas, las verduras, los frijoles y los cereales integrales como el trigo, la avena y la cebada son excelentes fuentes de fibras prebióticas.
21	Adamczak et al. (34)	Un microbiota más diverso, da forma a la maduración del sistema inmunológico del niño, lo que afecta la producción de anticuerpos IgA que son fundamentales para la defensa inmunitaria humoral celular.	Se recomienda la suplementación con probiótico (productos lácteos como el queso, el yogur y el kéfir).
22	Tanaka y Nakayama (35)	El sistema inmunitario madura a través de interacciones bidireccionales, en las que el microbiota intestinal promueve el desarrollo del sistema inmunitario.	Una dieta que incluya alimentos ricos en fibra prebiótica (como plátano, avena, legumbres y verduras) y alimentos fermentados con probióticos (como yogur natural, kéfir y miso). Estos componentes dietéticos ayudan a mantener una microbiota intestinal diversa y equilibrada, lo que contribuye al desarrollo óptimo del sistema inmunológico durante la infancia.
23	Kaczmarczyk et al. (36)	El microbiota intestinal, desempeña un papel significativo en el desarrollo del tracto gastrointestinal y puede afectar la inmunidad durante los primeros años de vida	Se recomienda la transición de la leche materna a una dieta compleja (que incluye alimentos sólidos).

Fuente: Elaboración propia.


Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistabiosana@gmail.com



En la presente investigación se determinó que la leche materna es fundamental para una microbiota intestinal beneficiosa; esto de acuerdo con Hiraku et al. (15) quienes hallaron que gracias a los oligosacáridos presentes en la leche materna, la bacteria probiótica *B. infantis* se establece como la más común en los intestinos, favoreciendo el desarrollo del microbiota intestinal. De la misma forma, Castanet (21) determinaron que la leche de la madre ofrece elementos que influyen de manera directa o indirecta en la flora intestinal, ya sea frenando microorganismos como la lactoferrina que eliminan colonizadores no deseados gracias a su acción antimicrobiana o favoreciendo bacterias beneficiosas. Conjuntamente, Berger et al. (22) mencionan que los oligosacáridos presentes en la leche materna (HMO) influyen en la composición del microbioma intestinal, ya que ayuda a prevenir la colonización y a fomentar una flora intestinal adecuada para la edad. Asimismo, Grzywacz et al. (20) aluden que la ausencia de alimentación con leche materna, influye en el crecimiento del microbiota intestinal; esto resulta en una microbiota intestinal que se desarrolla de manera tardía y con menor diversidad, así como en una reducción de la cantidad de bacterias saludables (por ejemplo, Bifidobacteriaceae).

Sin embargo, Zhu et al. (18) hallaron que la alimentación con leche materna es el elemento más relevante relacionado con la configuración del microbioma durante la infancia, ya que la interrupción de la lactancia materna provoca un desarrollo más acelerado del microbioma intestinal, lo cual se indica por la aparición del filo Firmicutes. Por su parte, Romo et al. (16) mencionan que la leche materna que se complementa con aceite de triglicéridos de cadena media podría ser una alternativa más segura y menos intrusiva para disminuir la colonización por hongos en bebés que están en alto riesgo de infección fúngica. Mientras que, Ye et al. (14) determinaron que la suplementación con calostro bovino en bebés prematuros que recibían lactancia materna incrementa ciertos metabolitos en las heces, tales como aminoácidos de cadena ramificada, y ácidos orgánicos, que están relacionados con el metabolismo energético, las rutas biosintéticas de los nucleótidos de pirimidina y los procesos metabólicos de la fermentación por bacterias. Además, Kok et al. (19) indican que, a pesar de que el microbioma intestinal presenta mayor diversidad en lactantes alimentados con fórmula en vez de aquellos que reciben leche materna, la relación entre la atopia y la diversidad de microorganismos en el intestino del infante aún no es definitiva.

Por otra parte, con respecto a la introducción de alimentos complementarios y estabilidad del microbiota intestinal, se determinó que alimentos complementarios ricos en fibra y nutrientes (legumbres, cereales integrales) favorecen la diversidad microbiana y la salud intestinal. Este resultado es respaldado con el estudio de Plaza et al. (24) quienes identificaron que la transición del destete y la incorporación de alimentos adicionales modifica la microbiota intestinal en los niños, donde los cereales que contienen 50% de grano entero y bajo contenido de azúcar pueden promover la cantidad de fermentadores anaerobios y reducir la *Escherichia* patógena en comparación con los cereales refinados que tenían alto contenido de azúcar. Asimismo, Da Silva et al. (25) hallaron que diversos tipos de suplementos alimenticios (con variaciones en proteínas y carbohidratos de origen lácteo o vegetal) no muestran un efecto evidente en la diversidad o estructura de la microbiota fecal en los niños que padecen desnutrición moderada tras cuatro semanas de tratamiento. La mezcla fecal, en gran medida, pareció no verse influenciada por estas alteraciones significativas en la dieta a lo largo del tiempo de observación. De la misma forma, Leong et al. (26) identificaron que la incorporación de alimentos sólidos (complementando con frutas y verduras) y la reducción en el consumo de fibra dietética o el proceso de destete impactan el crecimiento del microbioma





intestinal; esto debido a que la diversidad alfa del microbiota se puede elevar entre los 7 y 12 meses, lo cual es previsible al añadir diferentes fuentes alimenticias al microbiota, más allá de la leche.

Conjuntamente, Calder et al. (28) determinaron que los alimentos que contienen caupí, una legumbre rica en carbohidratos fermentables, parecen resguardar tanto la diversidad de los microorganismos como la función de las bacterias. Asimismo, Brink et al. (30) aluden que la alimentación durante la infancia influye significativamente en el microbioma intestinal y el metaboloma en el primer año de vida, ya que los bebés que consumen fórmula de soja muestran una mayor variedad microbiana, mientras que aquellos que toman fórmula láctea presentan una diversidad en un nivel intermedio. De la misma forma, Agapova et al. (32) sugieren que los oligosacáridos presentes en la fibra del frijol común, podrían modificar las comunidades de la microbiota. Kamng'ona et al. (31) hallaron que la ingesta de suplementos alimenticios ricos en grasas (LNS) fomentan la diversidad alfa de la microbiota intestinal a los 18 meses de vida. Mientras que, Estorninos et al. (29) mencionan que una fórmula para niños que incluye oligosacáridos procedentes de la leche (MOS) acerca la composición general del microbiota intestinal a la los bebés que son alimentados con leche materna (HFI) a los 2. 5 y 4 meses de edad, mostrando un incremento en las Bifidobacterias, aunque de manera más gradual.

Sin embargo, Son et al. (23) aluden que no existen diferencias relevantes en la microbiota fecal entre niños que recibieron alimentos complementarios con diversas fuentes de proteínas (láctea frente a vegetal) y carbohidratos (láctea frente a vegetal) tras cuatro semanas de alimentación suplementaria. De la misma forma, Ordiz et al. (27) aluden que la adición de legumbres a la dieta no altera la composición general de la microbiota en niños de diferentes edades, ya que la leche materna está compuesta por abundantes prebióticos (como oligosacáridos y lactosa) que son fundamentales para la creación y conservación de la estructura del microbiota.

Además, se halló como recomendaciones dietéticas para madres lactantes y niños pequeños, el amamantar exclusivamente hasta los 6 meses, introducir alimentos sólidos variados y considerar suplementos específicos bajo supervisión profesional, y fórmulas suplementadas con prebióticos/probióticos pueden ser alternativas viables. Esto de acuerdo con, Henrick et al. (17) quienes recomiendan la alimentación con leche materna, ya que fomenta interacciones más sanas entre el sistema inmunológico y los microorganismos mediante la entrega de nutrientes a bacterias beneficiosas que, a su vez, apoyan el sistema inmunológico del anfitrión. Asimismo, Castanet (21) promueven el consumo de leche materna, debido a que contiene elementos que afectan de manera directa o indirecta a la flora intestinal, y que la nutrición con ácidos grasos tanto maternos como infantiles influyen en el crecimiento del sistema inmunológico del bebé. De la misma forma, Berger et al. (22) hallaron que los oligosacáridos presentes en la leche materna (HMOs) pueden ofrecer mejoras para la salud en bebés, por lo que prefieren el consumo de leche antes que suplementos. Por su parte,

Simultáneamente, Adamczak et al. (34) identificaron que la leche materna proveniente de la madre es la fuente más valiosa para el microbioma intestinal en bebés; y que la microbiota fortalece las defensas del organismo del anfitrión al estimular la formación de células inmunitarias, secretar inmunoglobulina A (sIgA) e incitar el crecimiento celular. Por su parte, Brink et al. (30) determinaron que la lactancia materna guía relaciones inmune-microbio más saludables proporcionando nutrientes a microbios especializados que a su vez benefician el sistema inmunológico del huésped. De la misma forma, Tanaka y Nakayama (35) aluden que la leche producida por la madre es la fuente más ventajosa para el microbioma intestinal en bebés prematuros;





ya que la introducción de bacterias en el intestino tiene un impacto significativo en el crecimiento y el funcionamiento del sistema inmunitario del anfitrión durante las primeras etapas de la vida.

No obstante, Buonocore et al. (33) indican que fortalecer la leche con oligosacáridos obtenidos de la leche de vaca favorece el desarrollo y expansión de las bacterias *Bifidobacterium* en el intestino, y que el microbioma del intestino humano tiene un papel esencial en la preservación de la salud, sobre todo en la compleja interacción entre las comunidades microbianas estables en el sistema digestivo y la formación temprana de la inmunidad del organismo. Además, Kaczmarczyk et al. (36) determinaron que la incorporación de alimentos a partir de los 6 meses se alinea con momentos esenciales en el crecimiento intestinal y del sistema inmune, y que existe una interacción activa entre la flora intestinal y los indicadores del sistema inmunológico, como la calprotectina, donde la reducción de la calprotectina comenzando a los 6 meses, junto con el incremento de la variedad microbiana, se entiende como un avance hacia la tolerancia inmunológica.

Conclusiones

En la presente revisión bibliográfica, se concluye que la leche materna es esencial para un adecuado y saludable desarrollo de la microbiota intestinal en los lactantes, favoreciendo el aumento de bacterias beneficiosas como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, microorganismos que fortalecen el sistema inmunológico, disminuyen el riesgo de infecciones y enfermedades crónicas, y optimizan el metabolismo energético.

Al mismo tiempo, se identificó que la introducción de alimentos sólidos ricos en fibra, por ejemplo, legumbres y cereales integrales, desde los 6 meses promueve el desarrollo de una mayor diversidad microbiana; esto debido a que estos alimentos promueven la producción de ácidos grasos de cadena corta, fundamentales para una adecuada salud intestinal y el correcto desarrollo del sistema inmunológico.

Por otra parte, se identificó como principal recomendación alimenticia a la leche materna, pero cuando la lactancia materna no es posible, es viable el uso de fórmulas infantiles suplementadas con prebióticos (como oligosacáridos derivados de la leche bovina) o probióticos, ya que pueden acercar la composición de la microbiota intestinal a la observada en lactantes amamantados, aunque no la replican por completo.

Además, se determinó que la leche materna y una alimentación complementaria adecuada son pilares para el desarrollo de una microbiota intestinal saludable, con resultados favorables a largo plazo en la salud inmunológica y metabólica de los niños, ya que una microbiota intestinal equilibrada durante la infancia se vincula de forma directa con la maduración del sistema inmunológico, lo que reduce el riesgo de alergias, enfermedades autoinmunes e inflamatorias.

Referencias

1. Villares J, Collado M, Arqué E, Trabazo M, Pipaon M, Aznar L. Los primeros mil días: una oportunidad para reducir la carga de las enfermedades no transmisibles. *Nutr Hosp* [Internet]. 2019;36(1):218–32. Available from: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v36n1/1699-5198-nh-36-01-00218.pdf>
2. Guo S, Huang K, Liu R, Sun J, Yin C. Regulation of Gut Microbiota through Breast Milk Feeding Benefits Language and Cognitive Development of Preterm Toddlers. *Microorganisms* [Internet]. 2023;11(4):1–9. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2607/11/4/866>



3. Layuk N, Sinrang AW, Asad S. Early initiation of breastfeeding and gut microbiota of neonates: A literature review. Med Clínica Práctica [Internet]. 2021;4(1):1–12. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2603924921000331>
4. González R, Jiménez I, Gutiérrez P. Human milk microbiota and impact on health. Gac Med Mex [Internet]. 2020;156(Supl 3):S58–66. Available from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/gmm/v156s3/0016-3813-gmm-156-Supl3-S58.pdf>
5. Minchala R, Ramírez A, Caizaguano M, Altamirano L, Andrade C, Sarmiento M. La lactancia materna como alternativa para la prevención de enfermedades materno-infantiles: Revisión sistemática. Arch Venez Farmacol y Ter [Internet]. 2020;39(8):941–7. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/559/55969796017/html/>
6. Merino J, Taracena S, Díaz E, Rodríguez F. Microbiota intestinal: el órgano olvidado. Acta Médica Grup Ángeles [Internet]. 2021;19(1):92–100. Available from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/amga/v19n1/1870-7203-amga-19-01-92.pdf>
7. O'Sullivan A, Farver M, Smilowitz JT. The Influence of early infant-feeding practices on the intestinal microbiome and body composition in infants. Nutr Metab Insights [Internet]. 2019;8(1):1–9. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4686345/pdf/nmi-suppl.1-2015-001.pdf>
8. Davis E, Castagna V, Sela D, Hillard M, Lindberg S, Mantis NJ, et al. Gut microbiome and breast-feeding: Implications for early immune development. J Allergy Clin Immunol [Internet]. 2022;150(3):523–34. Available from: [https://www.jacionline.org/article/S0091-6749\(22\)00992-7/pdf](https://www.jacionline.org/article/S0091-6749(22)00992-7/pdf)
9. Inchingolo F, Inchingolo AM, Latini G, Ferrante L, de Ruvo E, Campanelli M, et al. Difference in the Intestinal Microbiota between Breastfeed Infants and Infants Fed with Artificial Milk: A Systematic Review. Pathogens [Internet]. 2024;13(7):1–15. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-0817/13/7/533>
10. Ma J, Li Z, Zhang W, Zhang C, Zhang Y, Mei H, et al. Comparison of gut microbiota in exclusively breast-fed and formula-fed babies: a study of 91 term infants. Sci Rep [Internet]. 2020;10(1):1–11. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72635-x>
11. Lok K, Teng J, Fong J, Peng Y, Fan HSL, Ma Y, et al. Influence of Feeding Practices on Intestinal Microbiota Composition in Healthy Chinese Infants: A Prospective Cohort Study. J Pediatr Heal Care [Internet]. 2024;1(1):1–12. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0891524524001706>
12. Fehr K, Moossavi S, Sbihi H, Boutin RCT, Bode L, Robertson B, et al. Breastmilk Feeding Practices Are Associated with the Co-Occurrence of Bacteria in Mothers' Milk and the Infant Gut: the CHILD Cohort Study. Cell Host Microbe [Internet]. 2020;28(2):285–297.e4. Available from: <https://pdf.sciencedirectassets.com/273614/1-s2.0-S1931312819X00098/1-s2.0-S1931312820303504/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEMj%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQDLuVL87dPULyKl%2FIk91O6WWO81SPxQiUh6uFlN4R2QiAIhANrIUg6RSJ>





13. Munitis P, Colombo V, Munitis G, Munitis Me, del Pilar M. Guidelines for being a foster care home, report of an experience. Arch Argent Pediatr [Internet]. 2022;120(2):140–4. Available from: <https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2022/v120n1a09.pdf>
14. Ye Y, Yang L, Jiang P-P, Sangild PT, Hui Y, Nielsen DS, et al. Metabolomics reveals changes in levels of fecal branched chain amino acids and organic acids in very preterm infants fed human milk fortified with bovine colostrum. Clin Nutr [Internet]. 2024 Dec;43(12):405–14. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39581179/>
15. Hiraku A, Nakata S, Murata M, Xu C, Mutoh N, Arai S, et al. Early Probiotic Supplementation of Healthy Term Infants with Bifidobacterium longum subsp. infantis M-63 Is Safe and Leads to the Development of Bifidobacterium-Predominant Gut Microbiota: A Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. Nutrients [Internet]. 2023 Mar;15(6):1–19. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36986131/>
16. Romo J, Arsenault A, Laforce S, Bliss J, Kumamoto C. Minimal Effects of Medium-Chain Triglyceride Supplementation on the Intestinal Microbiome Composition of Premature Infants: A Single-Center Pilot Study. Nutrients [Internet]. 2022 May;14(10):1–11. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35631300/>
17. Henrick B, Rodriguez L, Lakshmikanth T, Pou C, Henckel E, Arzoomand A, et al. Bifidobacteria-mediated immune system imprinting early in life. Cell [Internet]. 2021 Jul;184(15):3884–98. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34143954/>
18. Zhu B, Zheng S, Lin K, Xu X, Lv L, Zhao Z, et al. Effects of Infant Formula Supplemented With Prebiotics and OPO on Infancy Fecal Microbiota: A Pilot Randomized Clinical Trial. Front Cell Infect Microbiol [Internet]. 2021;11(1):650407. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33854983/>
19. Kok C, Brabec B, Chichlowski M, Harris CL, Moore N, Wampler JL, et al. Stool microbiome, pH and short/branched chain fatty acids in infants receiving extensively hydrolyzed formula, amino acid formula, or human milk through two months of age. BMC Microbiol [Internet]. 2020 Nov;20(1):337. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33167908/>
20. Grzywacz K, Butcher J, Li J, Barrington K, Mohamed I, Stintzi A. Bovine Lactoferrin Supplementation Does Not Disrupt Microbiota Development in Preterm Infants Receiving Probiotics. J Pediatr Gastroenterol Nutr [Internet]. 2020 Aug;71(2):216–22. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32404742/>
21. Castanet M, Costalos C, Haiden N, Hascoet J-M, Berger B, Sprenger N, et al. Early Effect of Supplemented Infant Formulae on Intestinal Biomarkers and Microbiota: A Randomized Clinical Trial. Nutrients [Internet]. 2020 May;12(5):1–20. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32443684/>
22. Berger B, Porta N, Foata F, Grathwohl D, Delley M, Moine D, et al. Linking Human Milk Oligosaccharides, Infant Fecal Community Types, and Later Risk To Require Antibiotics. MBio. 2020 Mar;11(2):1–18.
23. Son M, Laury ML, Stephenson KB, May T, Hendrixson DT, Koroma AS, et al. The Impact of Milk on Gut Permeability, Fecal 16S rRNA Gene Microbiota Profiling, and Fecal Metabolomics in Children with





- Moderate Malnutrition in Sierra Leone: A Double-Blind, Randomized Controlled Trial. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2024 Nov;120(5):1114–24. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39307188/>
24. Plaza J, Bernal M, Schutte S, Chenoll E, Genovés S, Codoñer F, et al. Effects of Whole-Grain and Sugar Content in Infant Cereals on Gut Microbiota at Weaning: A Randomized Trial. *Nutrients* [Internet]. 2021 Apr;13(5):1–17. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33925049/>
 25. da Silva V, Smith N, Mullaney J, Wall C, Roy N, McNabb W. Food-breastmilk combinations alter the colonic microbiome of weaning infants: an in silico study. *mSystems* [Internet]. 2024 Sep;9(9):1–11. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39191378/>
 26. Leong C, Haszard JJ, Lawley B, Otal A, Taylor RW, Szymlek-Gay EA, et al. Mediation Analysis as a Means of Identifying Dietary Components That Differentially Affect the Fecal Microbiota of Infants Weaned by Modified Baby-Led and Traditional Approaches. *Appl Environ Microbiol* [Internet]. 2019 Sep;84(18):1–14. Available from: <https://journals.asm.org/doi/pdf/10.1128/aem.00914-18>
 27. Ordiz I, Janssen S, Humphrey G, Ackermann G, Stephenson K, Agapova S, et al. The effect of legume supplementation on the gut microbiota in rural Malawian infants aged 6 to 12 months. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2020 Apr;111(4):884–92. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32047925/>
 28. Calder N, Walsh K, Olupot-Olupot P, Ssenyondo T, Muhindo R, Mpoya A, et al. Modifying gut integrity and microbiome in children with severe acute malnutrition using legume-based feeds (MIMBLE): A pilot trial. *Cell reports Med* [Internet]. 2021 May;2(5):100280. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34095882/>
 29. Estorninos E, Lawenko RB, Palestroque E, Sprenger N, Benyacoub J, Kortman GAM, et al. Term infant formula supplemented with milk-derived oligosaccharides shifts the gut microbiota closer to that of human milk-fed infants and improves intestinal immune defense: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2022 Jan;115(1):142–53. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34617558/>
 30. Brink L, Mercer K, Piccolo B, Chintapalli S, Elolimy A, Bowlin AK, et al. Neonatal diet alters fecal microbiota and metabolome profiles at different ages in infants fed breast milk or formula. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2020 Jun;111(6):1190–202. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32330237/>
 31. Kamng'ona A, Young R, Arnold CD, Patson N, Jorgensen JM, Kortekangas E, et al. Provision of Lipid-Based Nutrient Supplements to Mothers During Pregnancy and 6 Months Postpartum and to Their Infants from 6 to 18 Months Promotes Infant Gut Microbiota Diversity at 18 Months of Age but Not Microbiota Maturation in a Rural Malawian Setti. *J Nutr* [Internet]. 2020 Apr;150(4):918–28. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31909811/>
 32. Agapova S, Stephenson K, Divala O, Kaimila Y, Maleta KM, Thakwalakwa C, et al. Additional Common Bean in the Diet of Malawian Children Does Not Affect Linear Growth, but Reduces Intestinal Permeability. *J Nutr* [Internet]. 2018 Feb;148(2):267–74. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29490090/>
 33. Buonocore G. Microbiota and gut immunity in infants and young children. *Glob Pediatr* [Internet].





- 2024;9(1):1–4. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667009724000708>
34. Adamczak A, Werblińska A, Jamka M, Walkowiak J. Maternal-Foetal/Infant Interactions—Gut Microbiota and Immune Health. *Biomedicines* [Internet]. 2024;12(3):1–19. Available from: <https://www.mdpi.com/2227-9059/12/3/490>
35. Tanaka M, Nakayama J. Development of the gut microbiota in infancy and its impact on health in later life. *Allergol Int* [Internet]. 2019;66(4):515–22. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1323893017301119>
36. Kaczmarczyk M, Löber U, Adamek K, Węgrzyn D, Skonieczna-Żydecka K, Malinowski D, et al. The gut microbiota is associated with the small intestinal paracellular permeability and the development of the immune system in healthy children during the first two years of life. *J Transl Med* [Internet]. 2021;19(1):1–26. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12967-021-02839-w>

