

Capítulo 2.

Composición de la leche humana

La leche humana es una emulsión acuosa enriquecida con glóbulos lipídicos complejos, repletos de colesterol, proteínas, ARN, triglicéridos y lípidos complejos. Estos glóbulos, formados por residuos lipoproteicos del retículo endoplásmico y la bicapa lipídica del borde apical de las células acinares, son capaces de resistir las condiciones gástricas adversas, manteniendo su funcionalidad hasta alcanzar el intestino del lactante (35).

Las proteínas, clasificadas en caseínas y proteínas del suero, cumplen roles nutricionales y reguladores en la respuesta inmune, la actividad enzimática, la mediación endocrina y la proliferación del microbioma intestinal. Además de la composición nutricional de la leche materna fluctuante en función del tipo de leche, la etapa de lactancia, el ciclo circadiano y la dieta materna, es notablemente distinta a la de otros mamíferos y se ajusta a las necesidades cambiantes del lactante (36)

Así mismo, la leche humana presenta una singular composición de oligosacáridos, que actúan como prebióticos y agentes de protección contra patógenos. Contiene hormonas y factores de crecimiento que promueven el desarrollo del sistema gastrointestinal neonatal y la maduración inmunológica. No menos importante es recordar que la lactancia también propicia beneficios emocionales y psicológicos a través del establecimiento de un vínculo seguro entre madre e hijo (33, 36).

Tabla 3. Resumen de los principales componentes de la leche materna

Proteínas	Caseína, suero, mucinas, a-lactoalbúmina, lactoferrina, IgA secretora, lisozima.
Carbohidratos	Lactosa, oligosacáridos.
Nitrógeno no proteico	Urea, creatinina, nucleótidos, aminoácidos libres, péptidos.
Grasa (emulsión)	Triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres, fosfolípidos, colesterol.
Vitaminas	Ácido pantoténico, riboflavina, tiamina, ácido ascórbico, folato, vitaminas B6, B12, K, D y E, biotina, niacina, retinol, carotenoides.
ARN	Fragmentos de ARN, ARN mensajero
Minerales	Calcio, magnesio, fósforo, electrolitos (sodio, potasio, cloruro), metales traza (hierro, zinc, cobre, manganeso, selenio yodo, fluoruro).
Células	Células epiteliales, células madre; leucocitos, lactocitos, bifido-bacterias.

Fuente: componentes de la leche materna, modificado de (35).

Tabla 4. Contenido del calostro, la leche materna y leche de vaca

Cantidad/Porción 100 mL	Calostro leche materna	Leche materna madura	Leche de vaca
Calorías (cal)	67	75	70.1
Proteínas (g)	1-1.2	2.3	3.2
Hidratos de carbono (g)	5.7	6.5	4.7
Grasas totales (g)	3	3.5-4.5	3.8
Na, K, Ca, Mg (mEq)	7	5	15
P, S, Cl (mEq)	3	4	11
Hierro (mg)	0.07	3	46
Cobre (mcg)	40	1.1	10

Cantidad/Porción 100 mL	Calostro leche materna	Leche materna madura	Leche de vaca
Zinc (mcg)	40	30	300
Aminoácidos (g)	1.2	1.28	3.2
Vitamina A (mcg)	1.61	0.61	0.27
Caroteno (mcg)	1.37	0.25	0.37
Tocoferol (mcg)	14.8	2.4	0.6
Tiamina (mcg)	19	142	0.43
Riboflavina (mcg)	302	373	1.56
Vitamina B6 (mcg)	-	0.15	0.51
Ácido nicotínico (mcg)	0.75	1.83	0.74
Vitamina B12 (mcg)	45	0.05	0.66
Biotina (mcg)	0.05	0.2	3.3
Ácido fólico (mcg)	0.05	24-30	35-40
Ácido pantoténico (mcg)	1.8	2.5	3.5
Ácido ascórbico (mcg)	72	52	10

Fuente: modificado de García-López R (36).

2.1 ARN

Las estructuras químicas como el ARN mensajero (ARNm) y el microARN (miARN), junto con otras moléculas como la mucina y la lactoadherina, tienen una función crucial en la salud intestinal.

La leche materna contiene un vasto conjunto de especies de ARN “no codificante”, que podrían contribuir a la programación inmune de los lactantes, regulando la traducción de proteínas. De forma notable, la leche materna es extraordinariamente rica en ARN y muchos de los microARN que se hallan en ella parecen tener una función en la modulación de rutas inmunológicas (37, 38).

Estas moléculas, que también estimulan el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF1), contribuyen a la mitosis del epitelio intestinal y de las células caliciformes, a la formación de uniones estrechas y al desarrollo del microbioma intestinal; además, demuestran actividades protectoras contra la hipoxia y el estrés oxidativo y poseen propiedades antivirales y antibacterianas en el tracto gastrointestinal del lactante (38).

Los miRNA contenidos en la leche materna poseen la capacidad de resistir la digestión y de intervenir en la regulación genética del lactante. Dichos miRNA desempeñan un papel relevante en la modulación de las vías inmunitarias y podrían influir en el desarrollo de las células T reguladoras. Esta evidencia sugiere que los miRNA representan un camino alternativo para la programación inmunitaria en los lactantes (37, 38, 39).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

¡La leche materna es magia molecular! La leche materna no es solo alimento, es un coctel complejo de ARN, microARN y moléculas como mucina y lactoadherina. Estos elementos trabajan juntos para fortalecer el sistema inmunitario de los lactantes, promueven la salud intestinal y protegen contra infecciones. Desde fomentar el crecimiento celular hasta desencadenar defensas antivirales, ¡la leche materna es un superalimento verdaderamente extraordinario para los lactantes!

2.2 Proteínas

Las proteínas más abundantes de la leche materna están asociadas principalmente con el desarrollo del sistema nervioso central, la adaptación del tracto gastrointestinal y la inmunidad del lactante, por lo que se establece que las proteínas apoyan no solo el crecimiento, sino también la maduración de órganos y sistemas. Se pueden clasificar en caseínas y proteínas séricas.

- *Caseínas α , β , κ*

La leche materna madura tiene una concentración de proteínas baja frente a la leche de otras especies. Sin embargo, la variedad de

compuestos estudiados por su abundancia son las caseínas.

La κ -caseína facilita la formación de una suspensión coloidal llamada micela de caseína que estabiliza las caseínas α y β insolubles. La κ -caseína y su hidrolizado, el glicomacropéptido (GMP), actúan en la defensa del organismo al unirse a patógenos de manera similar a los glucanos de la mucosa. Por otro lado, este compuesto ha demostrado su capacidad para regular la respuesta glucémica en adultos y actuar como factor bifidogénico, promoviendo el crecimiento de bacterias beneficiosas en el tracto digestivo (40).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

Las proteínas poderosas de la leche materna: la leche materna contiene caseínas α , β , y κ , que apoyan el crecimiento y la maduración de órganos y sistemas en tu bebé. Además, la κ -caseína ayuda en la defensa contra infecciones y promueve el crecimiento de bacterias beneficiosas. La leche materna no solo alimenta a tu hijo, sino que también le proporciona protección y desarrollo únicos y esenciales desde los primeros días de vida.

- *Proteínas del suero*

Principalmente, albúminas, inmunoglobulinas, enzimas, lactoferrinas, mucinas y estructuras nitrogenadas no proteicas; fundamentalmente, aminoácidos como la taurina y la carnitina, este último importante para el transporte de ácidos grasos al interior de la mitocondria (41).

El contenido de inmunoglobulinas en la leche materna y, en especial, el calostro, es abundante y tiene una función crucial al inducir tolerancia a una amplia gama de antígenos, ya sean alimentarios o bacterianos (40, 42). También se encuentran lisozimas, citoquinas y otros factores inmunológicos TNF- α , TGF- β , interleukinas (IL-6, IL-10, IL-1 α , IL-1 β , IL-1RA, IL-8, IL-2, IL-3, IL-4, IL-10), IFN- γ , MCP1, M-CSF, VEGF, factores de complemento (C3, C4) proteínas de adhesión celular (como la E-selectina), marcadores linfocitarios (como el sCD30), MIF, EGF, GRO (growth-related oncoprotein) angiogenina, lactoferrina (antibacterial, antioxidante y quelante de hierro), gangliósidos, además de células

inmunitarias como leucocitos-macrófagos maternos; todos estos elementos brindan inmunidad activa a la vez que favorecen la madurez del sistema inmune, la inmunocompetencia y la adecuada colonización de la microbiota intestinal. El receptor de inmunoglobulinas poliméricas (IgA e IgM), la α -antitripsina, la lipasa estimulada por las sales biliares, la proteína transportadora de vitamina D y la haptocorrina que es una proteína ligadora de vitamina B12 (40, 41, 42, 43). El calostro, sin embargo, contiene proporcionalmente menor cantidad de proteínas por volumen, la leche madura aumenta su concentración proteica, pero con menor actividad inmunitaria.

Tabla 5. Proteínas de la leche materna y principales acciones

Proteína	Acción
Albúminas	Transportadoras de sustancias, regulan la presión osmótica
Inmunoglobulinas	Defensa inmunitaria contra patógenos
Enzimas	Catalizadores biológicos de reacciones químicas
Lactoferrinas	Antibacterianas, antioxidantes, se unen al hierro
Mucinas	Protección de superficies mucosas
Lisozimas	Descomposición de paredes celulares bacterianas
Citoquinas	Modulan la función celular en la respuesta inmune e inflamación
Factor de necrosis tumoral Alfa (TNF- α)	Respuesta inflamatoria
Factor de crecimiento transformante Beta (TGF- β)	Regulación del crecimiento celular
Interleukinas (ILs)	Regulación de comunicación entre células blancas
Interferón Gamma (IFN- γ)	Defensa contra infecciones virales
Factor quimioatrayente de monocitos 1 (MCP1)	Respuesta inmunitaria

Proteína	Acción
Factor estimulante de colonias de macrófagos (M-CSF)	Producción de macrófagos
Factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF)	Formación de vasos sanguíneos
Factores de complemento (C3, C4)	Potencian la capacidad de los anticuerpos
Proteínas de adhesión celular (E-selectina)	Facilitan la unión de células
Marcadores linfocitarios (sCD30)	Señales en células del sistema inmune
Factor inhibidor de la migración de macrófagos (MIF)	Regulación de los macrófagos
Factor de crecimiento epidérmico (EGF)	Estimulación del crecimiento celular
Oncoproteína relacionada con el crecimiento (GRO)	Crecimiento y desarrollo celular
Angiogenina	Crecimiento de nuevos vasos sanguíneos
Lactoferrina	Antibacterial, antioxidante, y quelante de hierro)
α -antitripsina	Moduladora de la actividad enzimática de la tripsina
Lipasa	Digestión de lípidos
Proteína transportadora	Transporte de vitamina D
Haptocorrina	Proteína ligadora de vitamina B12

Fuente: compilado de (36-43).

Algunos de los péptidos de la leche materna pueden tener efectos protectores sobre la presión arterial del niño e incluso mantenerlos en su etapa adulta; son transportados desde el epitelio intestinal a la circulación sanguínea sin sufrir procesos catabólicos, desde donde ejercen su acción en los centros de control de la presión en el sistema nervioso central; incluso algunos péptidos pueden ser inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina en el adulto (30, 41).

En el sistema intestinal del niño operan diversas enzimas específicas que descomponen proteínas. Sin embargo, algunas proteínas presentes en la leche materna, como la lactoalbúmina y la lactoferrina, demuestran resistencia a la proteólisis por parte de estas enzimas debido a la secuencia particular de sus aminoácidos y su estructura única. Esta resistencia refuerza el entendimiento del rol protector que desempeña la leche materna en el tubo gastrointestinal al contribuir a su integridad y función (42).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores
<p>La inmunidad natural de la leche materna: la leche materna, especialmente el calostro, está llena de defensas. Esto brinda a tu bebé una inmunidad activa, ayudando en la maduración del sistema inmune y la colonización saludable de la microbiota intestinal. Es una manera natural de fortalecer las defensas de tu hijo desde el principio.</p>
<p>Nutrición especializada: la leche materna contiene componentes esenciales como la taurina y la carnitina, que son importantes para funciones vitales, como el aprovechamiento de la energía de las grasas. Al amamantar, estás proporcionando a tu bebé nutrientes específicos que no siempre se encuentran en fuentes alternativas.</p>
<p>Antioxidantes y beneficios antimicrobianos: la lactoferrina presente en la leche materna posee propiedades antibacterianas, antioxidantes y ayuda en la regulación del hierro. Esto significa que, además de nutrir, la leche materna ayuda en la protección contra infecciones y el balance correcto de nutrientes.</p>

2.3 Inmunoglobulinas

Se estima que una proporción significativa de las proteínas del calostro es inmunoglobulina A (IgA), un factor que protege contra infecciones y alergias al proveer inmunidad pasiva al neonato. Sin embargo, en la leche de transición, el aumento del volumen de agua reduce la concentración de estas proteínas.

La IgA secretora, que liga antígenos específicos, es resistente a la digestión debido a su estabilidad en un pH bajo. Su absorción en monómeros, que en los tejidos diana se dimerizan con cadenas J, permite proteger epitelios y mucosas, especialmente de la región orofaríngea, respiratoria, gastrointestinal y genitourinaria. La mayor

parte de la IgA es producida por un mecanismo conocido como bronco-entero-mamario, una respuesta a los gérmenes con los que la madre ha tenido contacto. En el tejido linfático adyacente al tubo digestivo y a la mucosa respiratoria materna se generan linfocitos que migran a la glándula mamaria y aportan a la leche células inmunológicamente activas que secretan inmunoglobulinas específicas, como la IgA secretora (IgAs), para conferir inmunidad al lactante.

Resistente a las enzimas proteolíticas y al pH bajo, hasta el 88 % de la IgA ingerida puede ser recuperada en las heces del lactante. Estos anticuerpos aglutinan toxinas, bacterias y antígenos macromoleculares, y limitan su acceso al epitelio. La IgA es especialmente eficaz en el lactante contra patógenos como *E. coli*, *Salmonella*, *Campylobacter*, entre otros, e inhibe proteínas alergénicas de alimentos como frijol, leche de vaca y soya.

La lactancia es determinante en el desarrollo y la funcionalidad del tejido linfoide relacionado con las mucosas (MALT) del lactante, en estructuras como pulmones, intestino, glándulas salivales, lagrimales y tracto genitourinario. La síntesis de IgA maternas requiere de un mecanismo denominado eje entero mamario, en el que interviene el intestino, tejido linfoide y glándula mamaria (40, 41, 42).

Adicionalmente, existen otras inmunoglobulinas (IgG, IgE, IgM, IgD) que refuerzan la inmunidad pasiva al recién nacido, actuando como antimicrobianos y antivirales al promover la fagocitosis de neutrófilos. Se producen junto a las citocinas en las células inflamatorias como respuesta inflamatoria e inmune modulada por los eicosanoides (prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos). Es de resaltar que, al activar el sistema del complemento, el efecto inflamatorio es nulo (41, 42, 43).

Tabla 6. Distribución de las inmunoglobulinas en la leche materna

	Calostro (%)	Leche de transición (%)	Leche madura (%)
IgA	88.11	68.35	81.65
IgM	7.87	22.48	12.7
IgG	4.02	9.17	5.65
IgE	0.000004	0	0.000028
IgD	0.004340	0	0

Fuente: tomado y modificado de (42).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

La leche materna contiene inmunoglobulinas que actúan como vacunas naturales para tu bebé. Estas proteínas son resistentes a la digestión y protegen a tu pequeño contra infecciones comunes como diarreas y neumonías. Son como los guardianes naturales del sistema inmunológico de tu hijo, que lo ayudan a combatir bacterias y virus desde el primer día. ¡La lactancia brinda esa protección única y natural!

2.4 Hidratos de carbono

- *Lactosa*

La lactosa es el carbohidrato más abundante, compuesto por los monosacáridos glucosa y galactosa. Estos son importantes no solo como sustratos energéticos, sino también como elementos constitutivos de galactolípidos y galactopéptidos cerebrosidos, determinantes en el funcionamiento del sistema nervioso (50, 51). Además, este disacárido es útil para el mantenimiento de la flora de bifidobacterias y para conservar un pH ácido que limita la proliferación de bacterias patógenas. También facilita la absorción de calcio y regula el transporte de iones como el sodio y potasio (35).

- **Factores bífidos**

Los factores bífidos son moléculas, algunas de ellas estructuralmente relacionadas con los carbohidratos, que promueven la colonización de probióticos como *Bifidobacterium bifidum* y *Lactobacillus bifidus*. Estos microorganismos sintetizan en el intestino ácidos como el acético, fórmico y succínico, útiles en la inhibición de la proliferación de agentes patógenos como bacterias Gram negativas (*E. coli*, *Shigella*, *Bacteroides fragilis*, *S. aureus*) y protozoos (51, 52). También se relacionan con la reducción de ulceraciones del pezón y mastitis, factores que pueden afectar la lactancia. La evidencia demuestra que la presencia de probióticos reduce el riesgo de enterocolitis necrotizante, la aparición de sepsis de inicio tardío e incluso el cólico y el llanto asociado (51, 52, 53).

- **Oligosacáridos**

Los oligosacáridos se generan a partir de monosacáridos como la glucosa, galactosa, N-acetilglucosamina, fucosa y ácido N-acetilneuramínico. Estos están casi siempre unidos a la lactosa en el extremo reductor y a dos tipos de disacáridos ($\text{Gal}\beta\text{1-3GlcNAc}$ o $\text{Gal}\beta\text{1-4GlcNAc}$).

Aunque no son digeribles por el intestino humano, los oligosacáridos son aprovechados por la microflora intestinal. Influyen en la actividad de las células caliciformes intestinales y estimulan la secreción de mucinas, estableciendo una barrera protectora en el epitelio intestinal. Incrementan las proteínas de unión intercelular hermética en sinergia con la especie *B. infantis*, normalizando la permeabilidad intestinal y disminuyen la activación de los leucocitos, modulando así la respuesta inmunitaria y las reacciones alérgicas dependientes de IgE. Además, contienen ácido siálico, esencial para el desarrollo cerebral (52, 53, 54)

La leche humana, con una concentración de 5 a 15 g/L de oligosacáridos, es notablemente más rica en comparación con la leche de vaca. En la

leche materna madura, la concentración de oligosacáridos varía entre 1 y 10 g/L, mientras que en el calostro (la primera leche producida tras el parto) este rango aumenta a 15-23 g/L.

El 2'-Fucosil-lactosa (2'-FL) es el principal oligosacárido presente en la leche humana. Desempeña funciones importantes como la interacción con el sistema de histocompatibilidad, la nutrición de la flora intestinal y el aporte de estructura a proteínas y lípidos; algunos ensayos demuestran un aumento significativo en la absorción de hierro. Es importante destacar que la concentración de 2'-FL tiende a disminuir a medida que avanza el período de lactancia.

Además, la presencia del gen FUT2, responsable de la fucosilación, es determinante. Su ausencia podría generar una colonización tardía de bifidobacterias en el lactante, lo que llevaría a un mayor riesgo de enfermedad diarreica (49, 56, 57).

Tabla 7. Hidratos de carbono en la leche humana y su función

Hidrato de carbono	Función
Lactosa	Fuente de energía, regula la flora y la absorción de minerales.
Factores bífidos	Promueven la colonización de probióticos, inhiben patógenos.
Oligosacáridos	Apoyan la microflora intestinal, influyen en la barrera intestinal y el desarrollo cerebral.

Fuente: compilado de (49-54).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores
<p>La magia de la lactosa: ¡la lactosa no es solo azúcar! Además de dar energía, ayuda al funcionamiento del sistema nervioso, mantiene una flora intestinal saludable y facilita la absorción de minerales importantes como el calcio. Si tu hijo está tomando leche materna, está recibiendo un refuerzo natural para su crecimiento y protección contra bacterias dañinas.</p>
<p>Oligosacáridos, los protectores silenciosos: aunque su nombre suene complejo, los oligosacáridos en la leche materna son esenciales para la salud intestinal y cerebral de tu bebé. Establecen una barrera protectora en el intestino, ayudan en la absorción de hierro y son especialmente abundantes en el calostro, la primera leche después del parto. ¡La leche materna está llena de estos protectores silenciosos que ayudan en el bienestar de tu pequeño!</p>
<p>Probióticos, los amigos invisibles: ¿sabías que la leche materna promueve bacterias amigables como <i>Bifidobacterium</i> y <i>Lactobacillus</i>? Estos ayudan a combatir agentes patógenos y reducen problemas como las ulceraciones en los pezones y mastitis, que pueden afectar la lactancia. Así que la leche materna no solo nutre al bebé, ¡también cuida de la mamá!</p>

2.5 Lípidos

Como ya se mencionó, los glóbulos de grasa en la leche materna se forman en el retículo endoplásmico de las células mamarias y durante su secreción, se recubren con una membrana del retículo endoplásmico de las células alveolares maternas junto con el desprendimiento de porciones de la bicapa plasmática apical, formando una tricapa de fosfolípidos conocida como membrana del glóbulo de grasa de la leche (MFGM, por sus siglas en inglés). La capa externa es rica en lípidos anfipáticos –entre ellos, fosfolípidos–, glicolípidos y un núcleo abundante en triacilgliceroles. Los acilgliceroles saturados y monoinsaturados conforman un 85 % y los poliinsaturados un 15 %. El ácido palmítico proporciona la mayor parte del contenido total de acilgliceroles saturados y su concentración se mantiene relativamente constante en las madres lactantes (58).

Además de su rol en la estructura de las células, los lípidos de la leche materna proporcionan alrededor del 50 % de las necesidades energéticas del lactante, sirven como portadores de vitaminas

liposolubles y desempeñan un papel activo en los procesos inflamatorios. También son únicos en su diversidad y abundancia, lo que les confiere una superioridad nutricional frente a la leche de vaca y la mayoría de las fórmulas lácteas (58, 59).

El contenido de ácidos grasos en los triglicéridos de la leche materna puede variar dependiendo de la madre y la etapa de lactancia, pero se destacan altas cantidades de ácidos palmítico, oleico y linoleico. Estos pueden obtenerse del aporte de la leche o por síntesis de nuevos ácidos grasos del lactante a partir de la movilización de grasas endógenas, o ser directamente derivados de la dieta materna (60).

El ácido palmítico ofrece múltiples beneficios, como su alta tasa de absorción. Este componente crucial actúa como un factor de prevención en la formación de jabones no deseados, además de mejorar la absorción de elementos esenciales como el calcio y el magnesio. En particular, el β -palmitato, un isómero del ácido palmítico, provee beneficios adicionales, entre los que se incluyen la promoción de la salud intestinal y el fortalecimiento del sistema inmunitario en los neonatos. Dichos beneficios se traducen en la preservación de la homeostasis de la mucosa intestinal, el fomento de la diversidad, el equilibrio en el microbioma intestinal y la potenciación de la respuesta inmunitaria del neonato (61, 62).

A partir de estudios sobre mutaciones genéticas para la síntesis de ácidos grasos poliinsaturados como el ácido araquidónico, se demuestra la importancia en el desarrollo del lactante, así como también en la síntesis de eicosanoides como las prostaglandinas, los leucotrienos y tromboxanos, que modulan las respuestas inflamatoria e inmune al activar la proliferación de linfocitos, células asesinas, la producción de citocinas y de IgE en las células inflamatorias, además de cumplir funciones estructurales de membrana celular (63, 64, 65).

Las lipasas presentes en la leche materna son la lipoproteína lipasa (lipasa estimulada por suero), que se encarga de la absorción de

ácidos grasos circulantes en la glándula mamaria para la construcción del conjunto de grasas de la leche materna, y la lipasa dependiente de sales biliares (BSDL), que tiene una función en la digestión y absorción de grasas, además realiza una labor en la producción de vitamina A para el lactante. La lipasa es activada por las sales biliares y se elimina completamente con la pasteurización, empero, la lipasa no se encuentra en la leche de fórmula (58). Por otro lado, se ha demostrado que el almacenamiento en refrigeración de la leche materna muestra una tendencia decreciente de la actividad enzimática de la lipasa, por ende, los bancos de leche deben garantizar la seguridad microbiológica para mantener la calidad nutricional e inmunológica de la leche humana (62).

Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, particularmente el ácido docosahexaenoico (DHA), el ácido araquidónico (AA) y el ácido eicosapentaenoico (EPA), son reconocidos por su destacada actividad antimicrobiana contra bacterias y virus. Ante una infección, las células pueden incrementar la liberación de estos ácidos grasos, potenciando así su acción defensiva. De manera análoga a su función en las células, los ácidos grasos liberados por las lipasas gástricas realizan una labor en la modulación de lipoxinas, resolvinas, protectinas y maresinas, sustancias que ejercen una acción inmunomoduladora y antimicrobiana intensa. Además de las moléculas mencionadas previamente, los ácidos grasos poliinsaturados y sus metabolitos, incluyendo prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos, han sido objeto de estudio por su potencial capacidad para contrarrestar el SARS-CoV-2 (46, 63, 64, 65). La relevancia de estos compuestos en la lucha contra diversas infecciones y su posible aplicación en la comprensión y tratamiento del SARS-CoV-2 justifica la importancia de su investigación permanente.

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores
¡Energía para los pequeños! Los glóbulos de grasa en la leche materna brindan cerca del 50 % de las necesidades energéticas de tu bebé. También son portadores de vitaminas esenciales, así que ¡la leche materna es un superalimento natural!
Protección extra con ácidos grasos: los ácidos grasos poliinsaturados en la leche materna tienen superpoderes antimicrobianos. Desde luchar contra bacterias y virus hasta potenciar la defensa del cuerpo, ¡estos ácidos son como pequeños héroes en el sistema inmune de tu bebé!
La magia de la lipasa: esta enzima especial presente en la leche materna ayuda en la digestión y absorción de grasas del lactante. Además, produce vitamina A; pero ¡ojo!, la lipasa disminuye con la pasteurización y la refrigeración, así que ¡la leche fresca es siempre la mejor opción!

2.6 Vitaminas

Es indispensable una dieta rica en vitaminas hidrosolubles, pues la disponibilidad de estas depende de su ingesta, mientras que las vitaminas liposolubles se pueden obtener de reservas en el organismo de la mujer (Tabla 8).

Tabla 8: Requerimiento de vitaminas en mujeres durante el embarazo y la lactancia

Nutriente	Embarazo	Lactancia	Dosis máxima
Vitamina A	770 mcg	1300 mcg	3000 mcg
Vitamina D	5 mcg	5 mcg	50 mcg
Vitamina E	15 mg	19 mg	1000 mg
Vitamina K	90 mcg	90 mcg	No determinado
Biotina	30 mcg	35 mcg	No determinado
Ácido fólico	600 mcg	500 mcg	1000 mcg
Niacina	18 mg	17 mg	35 mg
Ácido pantoténico	6 mg	7 mg	No determinado
Riboflavina	1.4 mg	1.6 mg	No determinado

Nutriente	Embarazo	Lactancia	Dosis máxima
Tiamina	1.4 mg	1.4 mg	No determinado
Vitamina B6	1.9 mg	2 mg	25 mg
Vitamina B12	2.6 mcg	2.8 mcg	No determinado
Vitamina C	85 mg	120 mg	2000 mg

Fuente: modificado de (66).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

¡Cómete el arco iris! Incorpora a tu dieta frutas y verduras de todos los colores. No solo hacen que tu plato se vea más atractivo, sino que cada color representa diferentes grupos de compuestos vegetales que son buenos para la salud.

2.6.1 Vitaminas liposolubles

- Vitamina A (carotenoides)

Esta vitamina y los carotenoides son compuestos lipofílicos naturales; esenciales, particularmente durante el embarazo, la lactancia y la etapa neonatal. Tienen una misión esencial en la salud ocular, la función inmunológica, la salud cardiovascular y el desarrollo fetal, para prevenir alteraciones y enfermedades inducidas por estrés oxidativo, como la restricción del crecimiento intrauterino, preeclampsia y los partos prematuros (67).

El calostro es rico en carotenoides, ayuda a prevenir la retinopatía y reduce la mortalidad tras el alta hospitalaria. Se ha señalado que aquellos lactantes que no son amamantados o tienen una lactancia materna insuficiente, podrían estar en riesgo de desarrollar enfermedades crónicas (68, 69).

Además, el consumo de vitamina A y carotenoides se ve favorecido por la presencia de otros nutrientes como el hierro, zinc y cobre, lo

que puede optimizar el desarrollo neurológico infantil. Para garantizar un adecuado aporte de estos compuestos, puede ser necesario suplementar a las madres, especialmente en áreas donde la dieta es deficiente en vitamina A y en poblaciones en riesgo de tener bajos niveles de vitamina A (67, 68, 69, 70).

- Vitamina K

Se puede adquirir de dos formas distintas: a través de la dieta y a través de la síntesis realizada por la flora intestinal. La filoquinona, o vitamina K1, se encuentra principalmente en vegetales de hoja verde, aceites vegetales y derivados de lácteos. Por otro lado, la menaquinona, o vitamina K2, es sintetizada por la flora intestinal. Si la madre lactante mantiene una dieta equilibrada, no necesitará suplementos de vitamina K (70).

En el caso de los neonatos, la única forma de vitamina K presente es la K1. Esto se debe a que la vitamina K no se transporta eficazmente a través de la placenta, y la flora bacteriana del recién nacido no es lo suficientemente madura para sintetizar durante los primeros días de vida. La vitamina K es un cofactor esencial para la enzima carboxilasa, que contribuye a la activación de proteínas de la coagulación como los factores II, VII, IX y X.

Es importante mencionar que la leche materna contiene concentraciones de vitamina K inferiores a las presentes en las fórmulas modernas o en la leche de vaca. Por este motivo, se recomienda administrar profilácticamente un miligramo de vitamina K vía intramuscular durante el parto. Esta medida busca prevenir posibles sangrados espontáneos en el recién nacido. No existe evidencia que sugiera que una dosis mayor de vitamina K podría mejorar el estado de la coagulación (70, 71).

- Vitamina E

El alfatocoferol, un componente clave de la vitamina E, ejerce un papel indispensable en la mitigación de la peroxidación lipídica en lipoproteínas y membranas celulares, además de favorecer el barrido de radicales libres, previniendo el daño oxidativo. Esta función es esencial para el desarrollo embriológico humano y su deficiencia se asocia con bajo peso en los recién nacidos, prematuridad y malformaciones, igualmente optimiza la actividad inmunológica y el rendimiento cognitivo de los lactantes (68).

Es importante subrayar la correlación directa entre la deficiencia de vitamina E en la madre lactante y el neonato, especialmente considerando las modestas reservas de alfatocoferol en el organismo neonatal y el aumento del requerimiento de esta vitamina en proporción a la ingesta de ácidos grasos poliinsaturados, los cuales amplifican el estrés oxidativo. Así, la lactancia materna de alta calidad surge como una estrategia esencial para contrarrestar la deficiencia de vitamina E, aunque es preciso destacar la necesidad de un monitoreo riguroso de la dieta materna y la posible implementación de suplementos si la alimentación resulta insuficiente (70, 71, 72).

- Vitamina D

La vitamina D es una prohormona liposoluble esencial para la absorción de calcio y el metabolismo óseo. Se obtiene mediante la exposición a los rayos ultravioleta del sol o a través de la ingesta de alimentos. No obstante, su disponibilidad, que resulta indispensable para la gestación, lactancia y desarrollo óseo de los lactantes, puede verse condicionada por factores ambientales y genéticos. En años recientes se ha identificado una correlación entre la deficiencia de vitamina D y diabetes gestacional, preeclampsia, parto prematuro e infecciones respiratorias en los lactantes (66).

Es importante destacar que la vitamina D, ya sea adquirida por la dieta o sintetizada en la piel, es biológicamente inactiva hasta que pasa por dos etapas de hidroxilación. Primero, en el hígado, donde se forma 25-hidroxivitamina D o 25(OH)D y luego en el riñón, donde la 25(OH)D se convierte en la forma activa de la vitamina D, el 1,25-dihidroxicolecalciferol. En la leche materna, la mayoría de la vitamina D está presente en su forma original inactiva con escasos 25(OH)D, por tanto, una deficiencia de vitamina D puede provocar condiciones serias como el raquitismo, aumentando el riesgo de fracturas y deformidades (74, 75).

Las necesidades diarias de la madre pueden cubrirse con una dieta balanceada, mientras que el lactante puede obtenerla exclusivamente a través de la leche materna y ambos a través de la exposición solar. No obstante, los lactantes no pueden conseguir suficiente vitamina D de la leche materna o de otras fuentes alimenticias, por ende, los lactantes alimentados exclusivamente con leche materna están en mayor riesgo de deficiencia de vitamina D si tienen limitada exposición solar.

Se ha planteado que una dosis alta de suplementación de vitamina D a la madre podría ser una alternativa viable para mejorar los niveles de vitamina; no obstante, la influencia de esta suplementación es todavía incierta debido a factores variables como la dosis de suplementación y la duración de la intervención; por esto, es motivo de debate y se recomienda más investigación sobre la suplementación oral de vitamina D en lactantes, para determinar con mayor precisión su impacto y sin desconocer las dosis adecuadas en función de la seguridad (72, 73, 74, 75).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

La vitamina A desempeña un papel esencial en la salud visual, las defensas, la salud cardiovascular y el desarrollo fetal. Es particularmente abundante en la leche materna, especialmente en el calostro. Para garantizar que la madre y el bebé reciban suficiente vitamina A, es indispensable mantener una dieta rica en vitamina A. En los casos en que la madre pueda tener una deficiencia, se deben considerar los suplementos.

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

La vitamina K es vital para la coagulación de la sangre, puede obtenerse de dos maneras: a través de la dieta y a través de la síntesis realizada por la flora intestinal. Para asegurarse de que la madre recibe suficiente vitamina K, debe mantener una dieta equilibrada que incluya vegetales de hoja verde y aceites vegetales. Dado que la leche materna no tiene tanto contenido de vitamina K como las fórmulas modernas o la leche de vaca, los profesionales de la salud administrarán una dosis intramuscular a los recién nacidos para prevenir posibles sangrados espontáneos.

La vitamina E es un componente vital para reducir el daño de membranas celulares, lo cual es esencial para el desarrollo embriológico humano. Para asegurarse de que la madre y el bebé reciban suficiente vitamina E, es importante monitorear la dieta de la madre y considerar suplementos si es necesario.

La vitamina D es esencial para la absorción de calcio y el metabolismo óseo, puede obtenerse a través de la exposición al sol y de una dieta rica en vitamina D. Es fundamental que tanto la madre como el bebé reciban suficiente luz solar para obtener vitamina D. Sin embargo, los bebés alimentados exclusivamente con leche materna pueden tener un mayor riesgo de deficiencia de vitamina D si tienen una exposición solar limitada. En estos casos se debe considerar la suplementación, pero siempre se debe consultar con un médico para determinar las dosis adecuadas.

2.6.2 Vitaminas hidrosolubles

- Vitamina B1 (tiamina)

Las mujeres que lactan y tienen dietas con bajo contenido de tiamina exponen a fenómenos carenciales a sus hijos con predisposición a afectaciones cognitivas, neuromusculares y cardíacas graves. Este micronutriente participa en numerosos procesos enzimáticos y no enzimáticos importantes en el metabolismo celular, reacciones mitocondriales, citoplasmáticas, peroxisomales y la homeostasis del ion cloruro en la neurona; las semillas y cereales son la principal fuente de tiamina, por lo que el aporte calórico estará en relación directa con el aporte de esta molécula. La pobre capacidad de síntesis del organismo a través de la flora intestinal del colon requiere aportes exógenos cuya absorción sucede en el intestino delgado; su insuficiencia en pocas semanas ante la baja ingesta puede impactar el desarrollo neurocognitivo y cardíaco *in utero* o del niño (75, 76, 77).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

La vitamina B1 (tiamina) es vital para el crecimiento y desarrollo del cerebro y los músculos del bebé. Si una mamá no consume suficiente tiamina, puede afectar la salud de su bebé. La tiamina se encuentra en alimentos como cereales y semillas. Si la mamá no puede consumir estos alimentos, podría ser buena idea considerar un suplemento. ¡Por favor pide ayuda a un profesional de la salud!

- Vitamina B2 (riboflavina)

La riboflavina en sus formas de coenzima riboflavina-5-fosfato (FMN) y flavina adenosina dinucleótido (FAD) participa en reacciones de oxidorreducción importantes en metabolismo energético, la síntesis de otras vitaminas como B6 y B9, la actividad del glutatión y la eliminación de radicales libres. La deficiencia de riboflavina afecta múltiples vías metabólicas y puede causar anomalías dermatológicas, neuropatía periférica, crecimiento deficiente, desórdenes endocrinos, anemia y alteración de la absorción de hierro. En la leche materna, FAD y riboflavina libre son las formas predominantes de riboflavina. Se puede obtener vitamina B2 de alimentos como vegetales, cárnicos, lácteos y también de la flora bacteriana del intestino delgado y grueso.

La riboflavina en la leche materna se correlaciona con la ingesta dietética materna; sin embargo, la carencia nutricional materna de B2 podría mantener concentraciones adecuadas en la leche. La suplementación corrige rápidamente las deficiencias maternas; la riboflavina en la leche almacenada es muy susceptible a la fotodegradación tras la exposición a la luz solar, pero es estable en refrigeración alrededor de dos semanas (75, 77).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

La vitamina B2 (riboflavina) es esencial para el crecimiento y la salud general del bebé. Se puede encontrar en alimentos como verduras, carnes y productos lácteos. También es importante recordar que la leche materna almacenada puede perder esta vitamina si se expone a la luz solar, por lo que es mejor guardarla en el refrigerador.

- Vitamina B3 (niacina, ácido nicotínico)

La vitamina B3 y sus cofactores (nicotinamida adenina dinucleótido, la nicotinamida adenina dinucleótido fosfato) son moléculas intermedias entre la actividad de señalización nuclear y el metabolismo de la glucosa y las pentosas; por lo tanto, son elementos nutricionales críticos. El incremento de enfermedad diarreica aguda está asociado a deficiencias de vitamina B3, que llevan a retraso en el crecimiento y al deterioro de la función neurológica. El triptófano es fuente endógena de niacina, las mejores fuentes exógenas son las carnes y los cereales (75, 77).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

La vitamina B3 (niacina) es importante para el metabolismo del cuerpo y el cerebro. La falta de niacina puede llevar a problemas de crecimiento y función cerebral. Los alimentos ricos en niacina incluyen carnes y cereales.

- Vitamina B6 (piridoxal, piridoxina, piridoxamina)

La vitamina B6 es un cofactor enzimático importante en una gran cantidad de procesos de síntesis o metabolismo de aminoácidos; su alta afinidad por proteínas plasmáticas limita su excreción por la leche. Aunque la evidencia es limitada, se considera la B6 como vitamina esencial para el desarrollo y la función cerebral y parece promover el desarrollo del lactante al permitir el uso y el almacenamiento de la energía; también se ha reconocido su importancia en la síntesis de hemoglobina. La dieta rica en carnes, cereales integrales y vegetales es una fuente exógena, aun así, la microbiota intestinal provee estas moléculas (68, 75).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

La vitamina B6 tiene una misión clave en el desarrollo y la función del cerebro del bebé, además de ser importante para la síntesis de la hemoglobina que se encuentra en los glóbulos rojos de la sangre. Se puede hallar en carnes, cereales integrales y vegetales.

- Vitamina B9 (ácido fólico)

Es muy difícil cubrir las necesidades de folatos en el embarazo aun en mujeres sin deficiencia, ya que los requerimientos superan los aportes de esta vitamina en una dieta normal. Por esto, es recomendable la administración de suplementos de ácido fólico desde la preconcepción y por lo menos en el primer trimestre de embarazo. La evidencia sugiere la utilidad de su administración preconcepcional como elemento protector contra malformaciones fetales, sumado a vitamina B12, B6, colina, a pesar de que no existe consenso en las dosis.

El ácido fólico es fundamental en procesos de síntesis e interconversión de aminoácidos, síntesis de hemoglobina y de nucleótidos timidina y purinas, fundamentales en la estructura del ADN, ARN. Su carencia está asociada a malformaciones del tubo neural y anomalías cardíacas, labio-paladar hendido, malformaciones en extremidades y del tracto urinario. Su deficiencia, además de relacionarse con factores carenciales en la dieta, puede vincularse con medicamentos anticonvulsivantes, antibióticos, alcohol y drogas psicotrópicas, diabetes y trastornos metabólicos. Los alimentos ricos en fibra (celulosa) promueven el desarrollo de microbiota colónica, importante en la producción endógena de folatos; la alimentación rica en hortalizas de hoja verde, frutos cítricos y legumbres es buena fuente de ácido fólico (76, 78, 79, 80).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

La vitamina B9 (ácido fólico) es un nutriente muy importante para las mujeres embarazadas, ya que puede ayudar a prevenir ciertas malformaciones fetales. Se recomienda que las mujeres tomen suplementos de ácido fólico ordenados por su médico, antes y durante el embarazo. Los alimentos ricos en ácido fólico incluyen hortalizas de hoja verde, frutas cítricas y legumbres.

- Vitamina B12 (cobalamina)

Los organismos procariontes son los únicos productores de cianocobalamina en la naturaleza. La vitamina B-12 está presente en

dos procesos metabólicos muy importantes, la síntesis de folato y la síntesis de ADN; por tanto, es esencial en el desarrollo neurológico tanto en la vida fetal como en la posnatal.

Las manifestaciones clínicas asociadas a deficiencia de vitamina B-12 son más frecuentes después del primer semestre de vida y se caracterizan por retraso del desarrollo, apatía, hipoactividad, palidez, eventos relacionados con la anemia y alteraciones neurológicas. Algunos estudios sugieren que es determinante la alimentación complementaria desde los seis meses para asegurar el aporte de cianocobalamina a partir de otras fuentes. La principal fuente de B12 son alimentos de origen animal. Las mujeres embarazadas vegetarianas tienen alto riesgo de presentar deficiencia de B12 (80, 81, 82).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

La vitamina B12 (cobalamina) es importante para el desarrollo del cerebro y el sistema nervioso del pequeño supergenio. Las principales fuentes de vitamina B12 son los alimentos de origen animal, por lo que las madres vegetarianas deben ser especialmente conscientes de su ingesta de esta vitamina, posiblemente a través de suplementos ordenados por su médico.

- Vitamina C (ácido ascórbico, dehidroascorbato)

Las principales reacciones bioquímicas relacionadas con vitamina C implican síntesis de carnitina (importante en el transporte de ácidos grasos a la mitocondria), catecolaminas (actividad nerviosa autonómica), síntesis del colágeno, metabolismo de aminoácidos, reparación del estrés oxidativo, eliminación de radicales libres, homeostasis de iones de hierro y cobre. Las lesiones en piel, los desórdenes del tejido conectivo, el retraso en la cicatrización de heridas y sangrados asociada a inestabilidad de vasos sanguíneos y mala calidad en la síntesis del colágeno en el lactante, están vinculados a leche materna pobre en esta molécula. A diferencia de otras vitaminas, no es sintetizada por la microbiota intestinal y depende de una fuente externa. Las madres diabéticas o fumadoras presentan concentraciones más bajas de ácido ascórbico (83, 84).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

El poder de la vitamina C: esta vitamina es la superestrella para mantener al bebé con un sistema de defensas fuerte. No se produce naturalmente en nuestro cuerpo, por lo que necesitamos obtenerla a través de la dieta. Las frutas cítricas (como la naranja, la mandarina y el limón), la guayaba, las fresas, el pimentón y las espinacas son excelentes fuentes.

- Colina

La amina cuaternaria puede ser sintetizada por el cuerpo humano, pero se recomienda aumentar su ingesta o incluso suplementar con ácido fólico durante el embarazo y la lactancia. Entre sus muchos isómeros, el más abundante es la fosfatidilcolina. Esta molécula tiene una función importante en la formación de mielina y en la síntesis de acetilcolina, elementos fundamentales en la conducción nerviosa. Además, contribuye al desarrollo del tubo neural, al metabolismo de los aminoácidos betaína y homocisteína, y a la protección de la función hepática (79).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

No te olvides de la colina. Aunque no es tan conocida, la colina cumple una misión importante en el cuerpo de tu pequeño supergenio, desde ayudar en el desarrollo cerebral hasta proteger la función del hígado. Los huevos, el pescado y las nueces son algunos de los alimentos que la contienen.

2.7 Minerales

- Calcio

Del total del calcio corporal, el 99 % hace parte del mineral óseo, mientras que el 1 % hace parte de reacciones bioquímicas de los tejidos, entre ellas, procesos reguladores metabólicos e intracelulares, contracción muscular, transmisión nerviosa, automatismo cardíaco y procesos de coagulación. Su absorción intestinal, su reabsorción renal y los procesos de intercambio óseo dependen de la hormona-vitamina D (84, 85).

La resorción ósea de calcio y la absorción intestinal son los principales mecanismos de aporte a la leche materna, favorecidos por estímulos endocrinos de la paratohormona sobre la glándula mamaria. Esta característica disminuye la dependencia entre ingesta y concentración de calcio en la leche materna. Las madres adolescentes y con anemia ferropénica tienen menores concentraciones de calcio en su leche. Los bajos aportes de calcio en lactantes o niños puede producir raquitismo, retraso del crecimiento y signos bioquímicos de hiperparatiroidismo (84, 85, 86).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

¡Calcio: el superhéroe de los huesos! Es clave para mantener fuertes los huesos de tu bebé. Lo encuentras principalmente en lácteos, pero también en vegetales de hojas verdes oscuras. ¡No olvides que la vitamina D es la mejor amiga para una absorción efectiva de calcio!

- Fósforo

Se encuentra en reacción con el oxígeno y es componente estructural esencial de las membranas celulares y ácidos nucleicos, es fundamental en la mineralización ósea y de dientes, la producción de energía, la señalización celular a través de las reacciones de fosforilación y la regulación de la homeostasis ácido-básica. La deficiencia de fósforo dietario es poco común y a menudo solo es observada en casos de inanición casi total o en trastornos hereditarios raros que implican la pérdida de fósforo renal. Los síntomas incluyen pérdida del apetito, debilidad muscular, fragilidad ósea, parestesias en extremidades y raquitismo en niños (84, 87).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

El motor de energía: el fósforo parte de nuestras células y ayuda a generar energía. Se encuentra en alimentos como carnes, lácteos y legumbres. Su deficiencia es rara, pero si notas que tu bebé está constantemente fatigado, podría ser una señal para revisar tu consumo. Consulta con tu médico si tienes dudas.

- Magnesio

El magnesio es esencial para los procesos de excitabilidad nerviosa y muscular, y desempeña un papel importante en muchos procesos enzimáticos en los que el magnesio en forma de pirofosfato de timina es cofactor. Es determinante en procesos de fosforilación oxidativa y síntesis de nucleótidos, carbohidratos, proteínas y lípidos; su unión a fosfolípidos de la membrana celular le confiere estabilidad, así como el equilibrio intracelular del potasio y calcio.

Una dieta deficiente en magnesio expone a parto pretérmino, crecimiento pobre, disminución del tono muscular, ataxia, falta de coordinación progresiva y convulsiones, alteración del metabolismo del calcio y trastornos de la osificación. Un exceso de magnesio interfiere con la absorción de fósforo a través de la formación de fosfatos insolubles. La concentración de magnesio es estable y aumenta en proporción a la cantidad de leche sintetizada (84, 87, 88).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

Magnesio, ¡el tranquilo! Este mineral es esencial para la relajación muscular y nerviosa, además de ser un ayudante en múltiples reacciones químicas del cuerpo. ¿Te sientes estresado? Agrega nueces, semillas y espinacas a tu dieta.

- Hierro

Es un componente de las hemoproteínas, flavoproteínas y como cofactor en múltiples procesos enzimáticos y de oxidación biológica. Las infecciones recurrentes consumen hierro; debe recordarse que la anemia por deficiencia de hierro es el trastorno nutricional más común en el mundo. Las mujeres vegetarianas deben incrementar el consumo de fuentes de hierro. El recién nacido puede tener reservas hepáticas suficientes de hierro; sin embargo, descienden rápidamente en los primeros meses de vida, por lo que se requieren aportes exógenos desde el sexto mes (84, 86).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

Hierro, “el guardaespaldas”. Este duro metal se asegura de que todo funcione a la perfección. Si tu bebé sufre infecciones frecuentes, es posible que el guardaespaldas hierro se agote. ¡No te preocupes! Puedes llamar a más guardaespaldas de hierro desde alimentos ricos en este mineral a partir del sexto mes de vida de tu bebé. ¡Hierro al rescate!

- Zinc

Se estima que alrededor del 10 % de las proteínas requieren para sus síntesis la mediación de este metal. Tiene acciones antioxidantes, antiinflamatorias, antiapoptóticas y complejos procesos de regulación enzimática, en especial, en los sistemas nervioso, metabólico, cardiovascular y renal. Se sugiere la posible relación entre deficiencias de zinc y las convulsiones febriles.

Las concentraciones tienden a disminuir de acuerdo con los requerimientos del lactante, siendo más necesario en la lactancia transicional. Los niveles elevados de zinc pueden causar náuseas, vómitos, dolores de cabeza y deficiencias de cobre (86, 89, 90).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

Zinc, el chef de las proteínas. Este increíble metal cocina alrededor del 10 % de las proteínas de tu bebé, ¡y eso no es todo! También es un antioxidante estrella, un pacifista antiinflamatorio, un elixir de la juventud de las células y un mago que controla las funciones de los sistemas nervioso, metabólico, cardiovascular y renal.

- Selenio

Las concentraciones maternas definen la concentración de selenio en la leche. En el lactante promueve la absorción intestinal de calcio y su homeostasis plasmática, así como la homeostasis del yodo, los procesos de oxidorreducción, el metabolismo de la hormona tiroidea y el desarrollo muscular. Su deficiencia está asociada a defectos en el tubo neural y bajo peso al nacer. Se estudia su papel neuroprotector como quelante de metales pesados (91, 92, 93).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

Selenio, ¡el malabarista! Imagina al selenio como un hábil malabarista. Este astuto mineral mantiene el calcio y los músculos en equilibrio perfecto. ¿Y dónde se esconde este habilidoso artista? En las nueces, el pescado, la carne y los huevos. Así que, ¡dale a tu bebé estos alimentos (después de los seis meses) o inclúyelos en tu dieta para invitar a este malabarista a la gran fiesta de crecimiento de tu pequeño! ¡Equilibrio, selenio, equilibrio!

- Cobre

En condiciones maternas saludables, los depósitos hepáticos de los recién nacidos son suficientes para seis meses, por lo que la baja concentración en la leche materna no debería tener repercusiones en su correcto funcionamiento; estas pequeñas cantidades de cobre son las que le confieren su poder bacteriostático. En la leche materna, el 80 % de su concentración se suma en el suero de esta, unido a seroalbúmina y citrato, grasa y a la caseína de la leche. El niño absorberá el 25 % del cobre de la leche humana y solo un 18 % de la de vaca. Es de destacar que las concentraciones de cobre en el suero dependen de la maduración de la leche y de la procedencia geográfica de la madre y de su dieta (84, 86).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

Cobre, "el matabacterias": es un metal que no solo ayuda a la función de nuestras células, sino que también tiene el poder de impedir que crezcan las bacterias que pueden enfermar al bacteriostático. Se puede encontrar en ostras, semillas de girasol y lentejas.

- Yodo

El yodo es un elemento esencial para la síntesis de hormonas tiroideas, importantes para la mitosis celular general, sinaptogénesis y mielinización de los tejidos del cerebro. Su presencia en concentraciones adecuadas es determinante en el neurodesarrollo del lactante y en la prevención de complicaciones obstétricas.

Las concentraciones de yodo en leche son directamente proporcionales al aporte en la dieta. La presencia en alimentos varía notablemente dependiendo de su concentración en el suelo, lo que ha obligado a la suplementación permanente con sales de yodo o la yodación de aceites; sin embargo, es importante conocer la concentración de yodo en la sal de consumo humano y asegurar que provea aportes suficientes a la mujer embarazada o lactante, factor que debe sumarse al hecho de la alta frecuencia de hipotiroidismo subclínico en mujeres embarazadas y en edad fértil; las restricciones de sal por enfermedad hipertensiva crónica pueden aumentar su deficiencia. La concentración de yodo en el calostro es mucho mayor que la de la leche madura y la de esta última es mucho mayor (20 a 50 veces más) que la del plasma.

Las mujeres lactantes requieren al menos 250 µg/día de este micronutriente para garantizar de 90 a 110 µg/día en 780 mL de leche materna; en casos de deficiencia, se recomienda un consumo adicional de 150 µg/día de yodo a través de suplementos (84, 91, 92, 94, 95, 96, 97).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

Yodo, “el maestro de la tiroides”. Este elemento esencial trabaja para que la tiroides funcione correctamente y la energía de tu bebé sea óptima. ¿Y dónde vive este maestro? ¡En la comida de mar, los lácteos y la sal yodada! Así que, al incluir estos alimentos en tu dieta, estarás invitando a este superhéroe a la fiesta de crecimiento de tu bebé. ¡Recuerda, un poquito de yodo hace un gran trabajo!

2.8 Células madre, leucocitos y células epiteliales

Durante la etapa embrionaria, la madre provee al feto de factores inmunológicos esenciales, incluyendo leucocitos y células madre, que protegen al embrión en desarrollo contra posibles infecciones y contribuyen a la configuración de la mucosa intestinal y la formación de su flora. Estas células, detectables en la leche materna en condiciones de salud normales, tienen la capacidad de transformarse en células alveolares, ductales y mioepiteliales en el tejido mamario.

La concentración de estas células es mayor en los primeros días de lactancia y puede terminar en órganos como el intestino, hígado y cerebro (98).

Las células madre y su habilidad para diferenciarse en diversos tipos de células han sido un foco de investigación en el tratamiento de enfermedades neonatales. Se ha descubierto que pueden atravesar el sistema gastrointestinal del lactante y desempeñar un papel en el desarrollo inmunitario, así como en la reparación de tejidos. Su potencial en la mitigación de la encefalopatía hipóxico-isquémica se explora mediante la secreción indirecta de citoquinas y factores de crecimiento; se investiga en la displasia broncopulmonar el uso de células madre mesenquimales para combatir la inflamación y prevenir daños pulmonares irreversibles; en la enterocolitis necrosante han mostrado resultados alentadores los experimentos con células madre del líquido amniótico y vesículas extracelulares derivadas de la leche materna.

Las células madre en la leche materna, junto con leucocitos y células epiteliales, representan líneas de investigación prometedoras como nuevas herramientas para la comprensión y el tratamiento de enfermedades neonatales, además de redundar en la importancia de la lactancia materna en el desarrollo y la protección del lactante (98, 99, 100).

Como corolario, es fascinante entender que la madre, al transferir células al lactante, sigue entregando vida aún después del parto. Como si fuera poco, es posible también encontrar células epiteliales y lactocitos capaces de continuar la síntesis de proteínas.

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

¡Supermamá al rescate! Durante el embarazo, la mamá no solo está dando a luz a un pequeño, también está compartiendo un superpoder: le está pasando células madre y leucocitos al feto para protegerlo de posibles infecciones y ayudar a formar su flora intestinal. ¡Piénsalo como una entrega de superhéroes a través del cordón umbilical!

<p>¡El elixir de la vida! La leche materna no es solo alimento, ¡es un auténtico coctel de vida! Contiene células madre, leucocitos y células epiteliales que pueden convertirse en diferentes tipos de células en el cuerpo del bebé, para ayudar a su desarrollo inmunológico y a la reparación de tejidos.</p>
<p>¡Las células viajeras! ¿Sabías que las células en la leche materna pueden acabar en lugares como los intestinos, el hígado y el cerebro del bebé? No solo visitan, sino que también hacen un trabajo allí. ¡Es como si fueran turistas que ayudan a construir la ciudad que visitan!</p>
<p>¡El milagro de la leche materna! Las células madre en la leche materna son como pequeños supergenios, que ayudan a combatir enfermedades neonatales y a proteger los órganos vitales del bebé. ¡Son como un pequeño escuadrón de rescate listo para ayudar en caso de emergencia!</p>
<p>¡Mamá, la máquina de hacer vida! Incluso después del parto, la mamá sigue entregando vida a su bebé. Cada vez que amamanta, está entregando células que pueden seguir sintetizando proteínas. ¡Es un servicio de entrega de vida 24/7!</p>
<p>Recuerda, la leche materna es una maravilla de la naturaleza, está llena de ingredientes mágicos que ayudan a tu bebé a crecer y desarrollarse. Así que, ¡felicitaciones a todas las supermamas que están dando ese extra por sus pequeños supergenios!</p>

2.9 Bioma intestinal

De acuerdo con las revisiones, se estima que existen más de 800 especies bacterianas que conforman la microbiota intestinal y tienen un rol activo en el desarrollo y maduración del sistema inmunológico de la mucosa gastrointestinal del recién nacido, e incluyen además, una importante activación de genes de resistencia a antibióticos. Bacterias como *Bifidobacterium breve*, *B. teenageris*, *B. longum*, *B. bifidum*, *B. dentium*, procedentes de la flora intestinal materna, al parecer son transportadas hasta la glándula mamaria por células dendríticas y CD8 para permitir su transferencia al lactante a través de la leche, así como su colonización intestinal; incluso se presenta la hipótesis sobre el probable paso de microbiota transplacentaria. En todo caso, la colonización temprana determinará las características de la flora intestinal del intestino adulto, aunque también son definidas por otros factores como el tipo de parto, la edad gestacional y las prácticas de alimentación durante la infancia (101, 102, 103).

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores
<p>“El club de las 800 bacterias”: tu bebé puede llegar a tener una discoteca en su intestino ¡con más de 800 especies de bacterias diferentes! Ellas están trabajando arduamente para desarrollar y madurar el sistema de defensas de tu pequeño.</p>
<p>¡Los genes superresistentes! Esos pequeños bailarines bacterianos en el intestino de tu bebé están haciendo algo más que solo moverse con ritmo. ¡Están activando genes de resistencia a los antibióticos! Imagina que están en una misión secreta para defender a las bacterias buenas, mientras el antibiótico hace su oficio ¡fortaleciendo la salud de tu bebé!</p>
<p>¡Taxi para bacterias! ¿Sabías que las bacterias amigas del intestino de la madre pueden tomar un taxi –llamado células dendríticas y CD8– para llegar a las glándulas mamarias y desde allí ser transferidas al bebé a través de la leche materna? ¡Es como un servicio de Uber para las bacterias!</p>
<p>Un paso para las bacterias, un gran paso para tu bebé. Estas bacterias amigas que llegan a tu bebé no están de visita. Deciden quedarse y colonizar su intestino para ayudar a moldear la flora intestinal del adulto en el que tu bebé se convertirá algún día.</p>
<p>Las características de la flora intestinal de tu bebé dependen de varios factores, como el tipo de parto, la edad gestacional y la alimentación durante la infancia. Así que las decisiones que tomes ahora pueden tener un gran impacto en su futuro. “Decisiones que importan”.</p>
<p>Recuerda, cada vez que alimentas a tu bebé, estás ayudando a construir un mundo de bacterias amigas que le ayudarán a crecer fuerte y saludable. ¡Bravo por ti, supermamá o superpapá!</p>

2.10 Nuevos descubrimientos y nuevas funciones

Recientemente, se ha identificado una función antiviral en la leche materna, asociada a la proteína Tenascin-C (TNC). Aunque la TNC era conocida por su papel en el desarrollo fetal y la cicatrización de heridas, sus propiedades antivirales no habían sido definidas claramente (48).

Se ha evidenciado que esta proteína tiene la capacidad de interceptar y neutralizar variantes del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH-1). De manera específica, la TNC se vincula a la proteína de la envoltura del VIH-1 en el lugar donde el virus se acopla a su receptor primario, CD4. En esencia, la TNC funciona como una trampa que neutraliza las partículas del VIH-1 al adherirse al receptor de quimiocina y de esta forma inhibir su actividad.

Es interesante subrayar que una deficiencia en TNC podría mermar la habilidad neutralizadora de la leche materna contra el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH-1). Este descubrimiento realza la complejidad y el amplio espectro de las propiedades protectoras y nutricionales de la leche materna, pues el 90 % de los lactantes expuestos a VIH-1 no se infectan (45), y abre una intrigante línea de investigación sobre su posible función como inhibidor del coronavirus-2, causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) (46).

La exploración de biomarcadores candidatos en fluidos corporales de fácil acceso presenta una estrategia innovadora para detectar tempranamente el riesgo o el inicio de neoplasias. Estos biomarcadores, tales como proteínas, son señales moleculares que reflejan anomalías o enfermedades. La leche humana emerge como una fuente prometedora para la identificación de posibles biomarcadores de cáncer de mama (CM) en mujeres jóvenes en edad reproductiva.

Tabla 9. Resumen de nuevos descubrimientos o nuevas acciones y autores

Tipo de proteína	Acción	Autor(es)	
α, β, κ-caseínas	Formación de una suspensión coloidal, estabilización de proteínas insolubles, defensa del organismo, regulación de la respuesta glucémica, promoción de bacterias beneficiosas	Martínez Galán BS; Giolo de Carvalho F; Carvalho SCS et al.	2021
Inmunoglobulinas	Inducir tolerancia a antígenos, inmunidad activa, madurez del sistema inmune, protección contra infecciones	Rio-Aige K; Monet D et al. Baena L et al.	2021
Lactoferrina	Antibacterial, antioxidante, quelante de hierro	Donovan SM.	2021
Lactoalbúmina	Resistencia a la proteólisis	Sánchez C et al.	2021
Péptidos	Efectos protectores sobre la presión arterial	Brunser O.	2018
Tenascin-C (TNC)	Captura y neutralización de variantes del VIH-1	Mornioli D et al. Fouda G et al.	2021

Fuente: compilado por los autores.

Mensajes claves para profesionales de la salud, familias y cuidadores

La proteína Tenascin-C en la leche materna actúa como una trampa, bloqueando la actividad de virus del SIDA y protegiendo al bebé. Esto resalta la increíble complejidad y poder protector de la leche materna, e incluso se está investigando su potencial contra otros virus como el del COVID-19. ¡Otra razón más para considerar la lactancia como una fuente valiosa de protección para tu pequeño!

Glosario

Investigación documental

La investigación documental es una metodología de investigación que se basa en la recopilación, el análisis y la síntesis de información proveniente de fuentes documentales, como libros, revistas, informes, documentos electrónicos, registros históricos y otros tipos de materiales escritos. Su objetivo principal es obtener una comprensión profunda y fundamentada sobre un tema o problema de investigación, utilizando la información disponible en la literatura existente (106-108).

Durante este proceso, se lleva a cabo la observación, el análisis y la síntesis que desempeñan un rol esencial en la identificación, selección y vinculación de datos relevantes con el tema de estudio. Esta modalidad de investigación también se conoce como investigación bibliográfica y se caracteriza por usar datos secundarios como su principal fuente de información. Su objetivo principal radica en dos aspectos fundamentales: en primer lugar, en la conexión de datos preexistentes provenientes de diversas fuentes y, en segundo lugar, en la presentación de una visión amplia y metódica de una problemática específica que se encuentra dispersa en múltiples fuentes (107).

Fuentes de información secundaria

Las fuentes de información secundaria se refieren a recursos que proporcionan datos, información o conocimiento que han sido recopilados, creados o publicados por terceros, con el propósito de ser utilizados por investigadores, estudiantes u otras personas interesadas en un tema específico. Estas fuentes no implican la recolección de datos directamente por parte del investigador, sino que se basan

en información previamente existente. Las fuentes de información secundaria son recursos que permiten a los investigadores acceder a datos y conocimientos previamente recopilados y publicados por otros, lo que facilita la investigación, la revisión de literatura y el análisis en diversas áreas del conocimiento. Estas incluyen: documentos impresos, recursos electrónicos, bases de datos académicas, encuestas y estudios previos, información estadística, medios de comunicación e información empresarial (109, 110).

Seguridad alimentaria y nutricional

La seguridad alimentaria y nutricional se refiere a la condición en la cual todas las personas tienen acceso físico, social y económico a suficientes alimentos nutritivos y seguros que satisfagan sus necesidades alimenticias y preferencias para llevar una vida activa y saludable. Esto implica no solo tener acceso a alimentos en cantidad suficiente, sino también garantizar que estos alimentos sean de calidad, seguros y nutricionalmente adecuados para mantener una buena salud y bienestar (111-13).

Leche humana

La leche humana es el alimento natural producido por las glándulas mamarias de las mujeres. Es una fuente crucial de nutrición para los bebés y proporciona una combinación equilibrada de nutrientes esenciales que incluyen proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales, así como anticuerpos y factores de crecimiento que contribuyen al desarrollo y la protección del sistema inmunológico de los recién nacidos y lactantes (114, 115).

Lactancia materna

La lactancia materna es el acto de alimentar a un bebé o niño pequeño con la leche producida por las glándulas mamarias de su madre. Es una forma fundamental de alimentación para los recién nacidos y lactantes, ya que la leche materna proporciona una combinación óptima de nutrientes y anticuerpos esenciales para el crecimiento y desarrollo

saludable del bebé. Además de sus beneficios nutricionales, la lactancia materna también establece un vínculo emocional importante entre la madre y el hijo (114, 115, 117).

Beneficios de la lactancia materna

Los beneficios de la lactancia materna se refieren a las ventajas y efectos positivos que esta práctica proporciona tanto a los bebés como a las madres. Estos beneficios abarcan aspectos nutricionales, inmunológicos, emocionales y de salud en general. Algunos de los beneficios clave incluyen la provisión de nutrientes esenciales, la protección contra enfermedades, el fortalecimiento del sistema inmunológico del bebé, el establecimiento de un vínculo emocional entre la madre y el hijo, y la reducción del riesgo de ciertas enfermedades en las madres (114, 115, 116, 117, 118).

Composición de la leche humana

La composición de la leche humana se refiere a la combinación de nutrientes, compuestos bioactivos y otros componentes que se encuentran en la leche producida por las glándulas mamarias de las mujeres durante la lactancia. Esta composición es variable y cambia a lo largo del tiempo para adaptarse a las necesidades del bebé en crecimiento (114, 115).

Lactancia materna exclusiva

Lactancia materna exclusiva se refiere a la práctica de alimentar al lactante únicamente con leche materna, sin incluir otros líquidos o sólidos, a excepción de gotas o jarabes de vitaminas, minerales o medicamentos. Esta práctica es recomendada desde el nacimiento hasta los seis meses de edad como el modo óptimo de nutrición infantil, pues proporciona todos los nutrientes necesarios para un crecimiento y desarrollo saludables (118).

