

## **1. Antecedentes**

### **1.1 Metabolismo y requerimientos nutrimentales durante el embarazo**

La etapa del embarazo es muy importante ya que en ella se busca que las mujeres puedan cumplir con sus necesidades nutrimentales, evitando desnutrición y programación fetal en el niño a corto y largo plazo (Allen, 2014). En el embarazo ocurre la nutrición materno-fetal, la cual consiste en: cambios anatómicos, metabólicos y fisiológicos; dichos cambios van a ser los responsables de determinar el ambiente intrauterino y de generar la homeostasis en el cuerpo de la madre a corto y largo plazo, como por ejemplo las modificaciones en cantidades de los nutrimentos, los síntomas y molestias propias del embarazo (Kaufer-Horwitz *et al.*, 2015). Por ello es necesario explicarles a las futuras madres que deben hacer caso omiso a los tabúes sobre “comer por dos”, ya que la alimentación en el embarazo va a depender de las necesidades nutricionales que tenga y solo debe de consumir las porciones adecuadas (Kaufer-Horwitz *et al.*, 2015).

En el embarazo la madre requiere aumentar la cantidad de nutrimentos, para que con, ello sea capaz de administrar al feto, por medio de la placenta, la cantidad suficiente de energía, nutrientes y oxígeno, los cuales son elementos clave para su crecimiento. Para poder llevar a cabo el incremento de la cantidad de nutrimentos es necesario aumentar el volumen plasmático, acumular nutrientes suficientes en los depósitos de la madre (se acumulan antes para poder usarlos en etapas posteriores) con ello se obtiene el índice máximo de crecimiento placentario (Brown, 2014).

En la Tabla 1, se observa la ingesta recomendada de los nutrimentos en mujeres embarazadas, para cumplir con los requerimientos necesarios para poder proporcionar un crecimiento fetal adecuado (Rasmussen y Yaktine, 2009).

Los cambios fisiológicos que ocurren se dividen en anabólicos y catabólicos, en la Tabla 2, se muestran las fases y sus implicaciones (Brown, 2014).

**Tabla 1.** Ingesta recomendada de nutrimentos en mujeres embarazadas (Rasmussen y Yaktine, 2009).

Nutrimento	Embarazo
Energía (kcal)	+340 (2º trimestre), +452 (3er trimestre)
Proteína (g)	71
Vitamina A (µg RE)	770
Vitamina D (µg)	600 UI (15 µg)
Vitamina E (mg α-tocoferol)	15
Vitamina C (mg)	85
Tiamina (mg)	1.4
Riboflavina (mg)	1.4
Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	1.9
Niacina (mg NE)	18
Folato (µg)	600
Vitamina B <sub>12</sub> (µg)	2.6
Ácido pantoténico (mg)	6
Biotina (µg)	30
Colina (mg)	450
Calcio (mg)	1000
Fósforo (mg)	700
Magnesio (mg)	350
Hierro (mg)	27
Cinc (mg)	11
Yodo (µg)	220
Selenio (µg)	60
Fluoruro (mg)	3

**Tabla 2.** Resumen de fases anabólicas y catabólicas en embarazo (Brown, 2014).

0-20 semanas Fase Anabólica	Ambos	>20 semanas Fase Catabólica
>Volumen sanguíneo y gasto cardíaco >Deposición de grasa, nutrientes y glucógeno hepático >Algunos órganos maternos <Tolerancia a ejercicio >Niveles de hormonas anabólicas	>Apetito y consumo de alimentos (disminuye cerca del término)	Movilización de depósitos de grasa y nutrientes >Niveles sanguíneos y producción de glucosa, TG, AG; <depósitos glucógeno hepático >Metabolismo en ayuno >Tolerancia a ejercicio >Niveles de hormonas catabólicas

**Tabla 3.** Recomendaciones de ganancia de peso durante el embarazo (Rasmussen y Yaktine, 2009).

IMC pregestacional	Ganancia total (kg)		Promedio de ganancia en 2º y 3er trimestre kg/semana
Bajo <18.5	12.5-18		1 (1-1.3)
Normal 18.5-24.9	11.5-16		1 (0.8-1)
Sobrepeso 25-29.9	7-11.5		0.6 (0.5-0.7)
Obesidad $\geq 30$	$\geq 6$		0.5 (0.4-0.6)

El aumento de peso en el embarazo recomendado para mujeres sanas es de 12.5 kg, en este caso no sufren ningún tipo de restricción en su alimentación, presentan menor riesgo de presentar complicaciones y mejor desenlace del embarazo. El aporte energético va a ser diferente ya que se toma en cuenta la edad,

edad gestacional, estado de salud y nutrición de la embarazada. En la Tabla 3, se muestra, usando el IMC pregestacional de la madre, la recomendación de ganancia de peso esperada por mes y al final del embarazo (Rasmussen y Yaktine, 2009).

En esta etapa van a ocurrir cambios en las concentraciones de hormonas y tejidos para que se pueda llevar a cabo la deposición de nutrientes, necesaria para el embarazo. Dependiendo de la semana de gestación en la que se encuentre la madre va a ser diferente la cantidad de hormonas placentarias séricas, tamaño de los productos de la concepción y ganancia del tejido materno; esto va a contribuir a que el feto tenga un crecimiento adecuado. En la Tabla 4 se puede observar las diferentes concentraciones hormonales en cada semana de gestación (King, 2000).

## **1.2 Metabolismo y requerimientos nutrimentales durante la lactancia**

### **1.2.1 Lactancia materna cambios fisiológicos y hormonales**

Durante el embarazo se van a dar los cambios importantes, en los cuales se preparan a la areola y pezón a que tengan una elongación y proyección adecuada, lo cual conlleva al inicio de la lactancia. Esta debe de comenzar desde las primeras horas posteriores al parto. Este proceso es muy importante para el crecimiento y desarrollo del bebé por ello requiere de tiempo, estimular el contacto entre madre e hijo, ya que con esto se va a formar un lazo muy cercano entre la madre e hijo que a futuro ayuda a un adecuado desenvolvimiento social del bebé. Desde que se da el acercamiento de la madre con el bebé, este ya va a contar con los reflejos de búsqueda, succión y deglución para poder comenzar con la lactancia (Kaufer-Horwitz *et al.*, 2015).

**Tabla 4.** Cambios en las concentraciones hormonales y en los tejidos, y deposición de nutrientes durante el embarazo (King, 2000).

Hormonas séricas, tejidos y procesos metabólicos	Semanas de gestación			
	10	20	30	40
<b>Hormonas placentarias séricas</b>				
Gonadotropina coriónica humana ( $10^4$ U/L)	1.3	4.0	3.0	2.5
Lactógeno placentario humano (nmol/L)	23	139	255	394
Estradiol (pmol/L)	5	22	55	66
<b>Productos de la concepción</b>				
Feto (g)	5	300	1500	3400
Placenta (g)	20	170	430	650
Líquido amniótico (g)	30	250	750	800
<b>Ganancia de tejido materno</b>				
Útero (g)	140	320	600	570
Glándula mamaria (g)	45	180	360	405
Volumen de plasma (ml)	50	800	1,200	1,500
Metabolismo de nutrientes y acumulación en la madre y el feto (kcal)	80	170	260	400
Incremento en el metabolismo basal/día (MJ)	0.19	0.41	0.62	0.95
Deposición de grasa (g)	328	2,064	3,594	3,825
Deposición de proteínas (g)	36	165	498	925
Acumulación de hierro (mg)	-	-	-	565
Acumulación de calcio (mg)	-	-	-	30
Acumulación de cinc (mg)	-	-	-	100
Hemoglobina (g/L)	125	117	119	130

En el embarazo el lactógeno placentario y la gonadotropina coriónica preparan a las glándulas mamarias para la futura lactancia; los estrógenos contribuyen al desarrollo de glándulas productoras de leche y la progesterona ayuda a la dilatación de los conductos y la duplicación de las células epiteliales (Murtaugh *et al.*, 2014).

La lactogénesis es un proceso clave para el inicio de la lactancia, ya que va a promover la producción y excreción de leche por medio de los conductos lactíferos en el pezón. La glándula mamaria y los Lactocitos sintetizan y secretan componentes de la leche, esto ocurre a partir de la segunda mitad del embarazo; se puede observar dicho proceso, en el incremento de lactosa en orina y plasma. En ese momento aún no hay excreción de leche materna, ya que ejercen una acción inhibitoria la progesterona y estrógenos circulantes, por estar presentes en altas concentraciones (Neville *et al.*, 1991).

A continuación se detallan las etapas de la lactogénesis y en la Tabla 5 se pueden observar las hormonas implicadas en cada una de las etapas (Scott y Fong, 2014):

- 1.- Lactogénesis 1: último trimestre de embarazo, formación de leche, aumentando contenido de lactosa y proteínas. Duración hasta primeros días posparto.
- 2.- Lactogénesis 2: “baja la leche” a partir del 2º a 5º día posparto, va a existir un aumento de flujo sanguíneo a glándula mamaria.
- 3.- Lactogénesis 3: a partir de 10 días posparto, se estabiliza la composición de la leche.

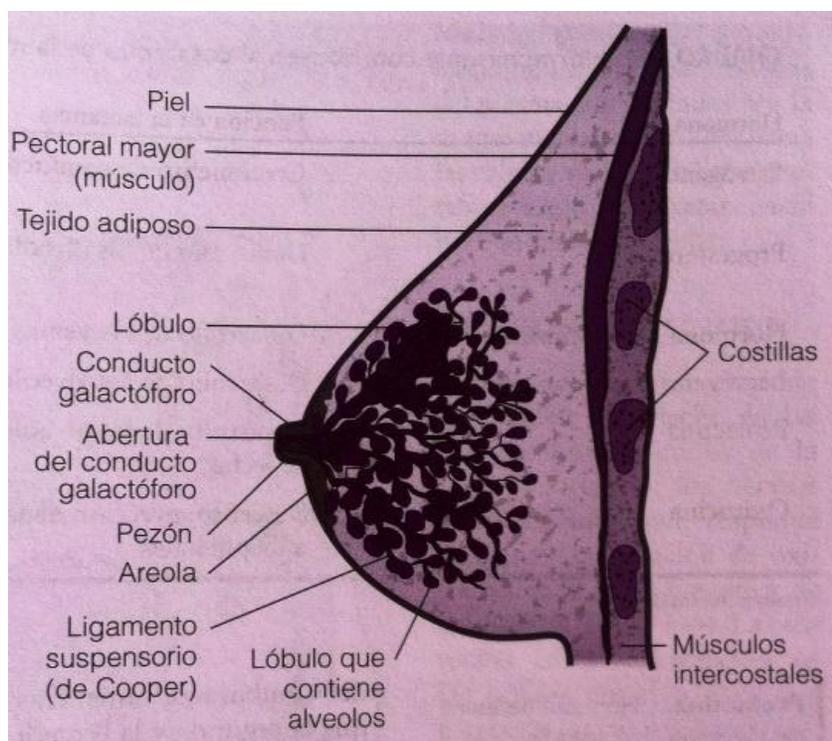
En la Figura 1 se pueden apreciar con mayor claridad la localización exacta de las glándulas mamarias y conductos implicados en la lactancia.

El proceso de secreción y producción láctea comienza a partir de la excreción de la placenta, ya que disminuyen las concentraciones de progesterona y prolactina. A su vez el epitelio mamario se transforma, provocando que se cierren las juntas herméticas entre células alveolares, evitando el paso de sustancias entre la leche y el plasma. Incrementa progresivamente el volumen de la leche y su composición, por ello las diferencias nutricionales entre el calostro (secretado durante los

primeros días) y la leche de transición. Durante las primeras 24 horas se ha considerado que el recién nacido amamanta entre 3 a 8 veces (Kent, 2007).

**Tabla 5.** Hormonas que contribuyen al desarrollo de la mama y la lactancia (Scott y Fong, 2014).

Hormona	Función en la lactancia	Etapa de la lactancia
Estrógeno	Crecimiento de conductos	Diferenciación de la glándula mamaria con la menstruación
Progesterona	Desarrollo de los alveolos	Después del comienzo de la menstruación y durante el embarazo
Hormona del crecimiento humano	Desarrollo de las yemas terminales	Desarrollo de la glándula mamaria
Lactógeno placentario humano	Desarrollo de los alveolos	Embarazo
Prolactina	Desarrollo de los alveolos y producción de leche Inhibe la ovulación	Embarazo y lactancia (3er trimestre del embarazo al destete)
Oxitocina	Descenso: eyección de la leche de las células mioepiteliales Promueve las contracciones uterinas	Del comienzo de la secreción de leche al destete



**Figura 1.** Seno de mujer que amamanta. En este corte se muestran las glándulas mamarias y los conductos (Scott y Fong, 2014).

Posteriormente en el 2º y 4º días postparto aumenta el volumen de leche, en el cual influyó la succión realizada por el lactante, se tiene la sensación de pechos llenos, calientes, duros y en ocasiones hormigueos. Aumenta así mismo la frecuencia en la que amamantan los bebés que va desde 6 a 12 veces por día (Neville *et al.*, 2001).

### 1.3 Lactancia materna exclusiva

#### 1.3.1 Importancia

Como se ha podido apreciar en estudios previos, la salud y estado nutricional de las madres está directamente relacionado con la del lactante. Ya que si la madre cuenta con un adecuado estado de salud y nutrición, va a poder garantizar al lactante un estado nutricional adecuado. Por ello se ha considerado que ambos forman una “unidad biológica y social”, por compartir problemas de malnutrición (OMS y

UNICEF, 2002). Surgió la necesidad de crear una estrategia mundial para la alimentación del lactante y del niño pequeño, la cual facilitara a las madres la implementación de leche materna, mostrando respeto y protección de los niños. Como se muestran en los Derechos del Niño, tienen derecho a recibir una nutrición adecuada y a acceder a alimentos inocuos y nutritivos (OMS y UNICEF, 2002).

Estudios han demostrado que una lactancia materna óptima puede evitar aproximadamente el 13% de mortalidad en niños menores de 5 años, ya que es la encargada de brindar beneficios a largo y corto plazo para ambos. A su vez, es la responsable de cubrir en su totalidad con cada uno de los requerimientos nutricios tomando en cuenta sus necesidades energéticas y de nutrientes durante los primeros 6 meses de vida (OMS y OPS, 2010).

Se considera lactancia materna exclusiva a la impartida desde las primeras horas de vida hasta los 6 meses, los lactantes únicamente se alimentan del pecho materno o de nodriza o leche extraída del pecho; no se da otro tipo de líquidos y sólidos. Es considerado un indicador básico para evaluar las prácticas de alimentación del lactante. También se puede considerar cuando el lactante es alimentado por una nodriza y leche materna extraída. Los lactantes pueden ingerir suero, gotas, jarabes (medicamentos), vitaminas y minerales; pero no ingieren ningún otro tipo de alimentos o bebidas (OMS y UNICEF, 2002).

En la actualidad el 34.8% de lactantes reciben lactancia materna exclusiva, este porcentaje ha ido incrementando ya que gracias a los programas que ha creado la OMS en conjunto con la UNICEF (OMS y UNICEF, 2002) y la Secretaria de Salud, al formar los “Hospitales amigos del niño”, en los que se promueve el uso de lactancia materna exclusiva durante los primeros 6 meses y posteriormente la introducción de alimentos complementarios, con ello poder garantizar un óptimo estado nutricional del lactante.

Estudios han demostrado que mientras más dure la lactancia materna menor será el riesgo de que el niño presente en la niñez tardía y adolescencia obesidad, esto es gracias al efecto dosis- respuesta de la lactancia materna exclusiva. A su vez se ha observado en metaanálisis que estimulan la función cognitiva, con ello se dice

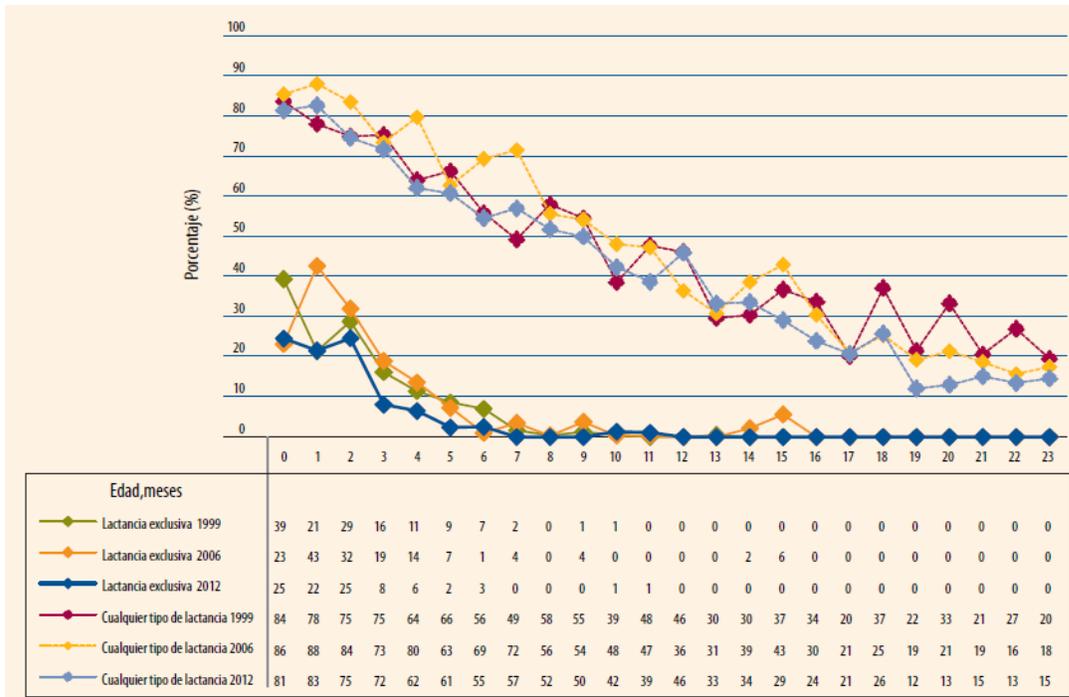
que ayuda a proveer una mayor inteligencia. A su vez la madre adquiere beneficios por iniciar a tiempo la lactancia como por ejemplo, va a disminuir el riesgo de presentar hemorragias postparto, cáncer de mama y ovario (OMS y OPS, 2010).

En este tipo de alimentación no se pueden introducir otro tipo de alimentos o líquidos, ya que la lactancia materna exclusiva va a ser capaz de satisfacer la sed del lactante, ya que está compuesta por un 88% de agua. A su vez va a traer beneficios para la madre, ya que va a ayudarla a recuperar más fácilmente su peso y puede demorar el reinicio de la fertilidad (OMS y UNICEF, 2002).

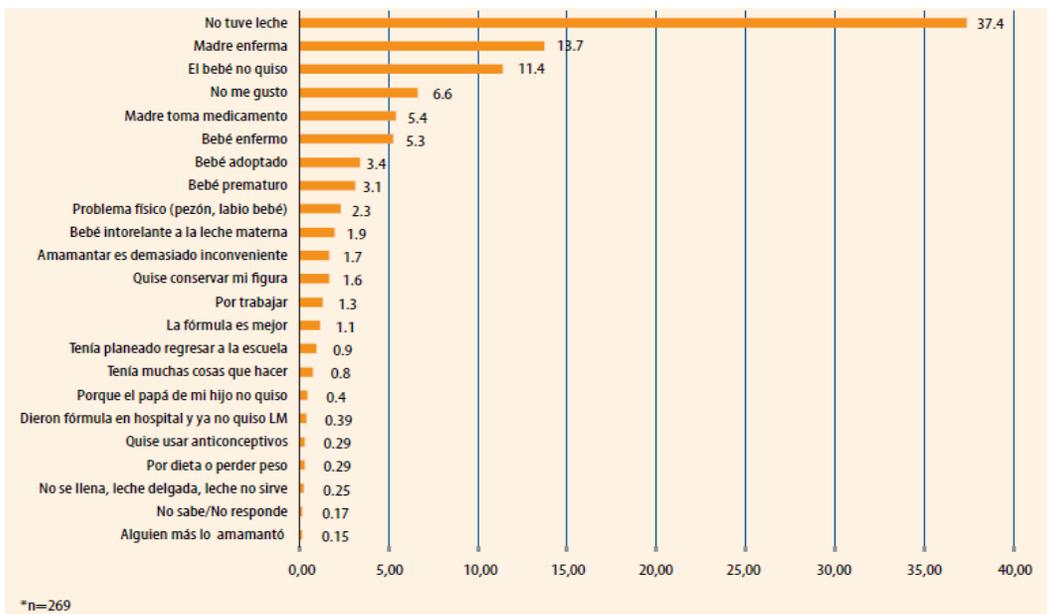
### **1.3.2 Lactancia materna en México**

Como se muestra en los datos de la encuesta nacional de salud y nutrición 2012, la lactancia materna ha presentado un deterioro, ya que el porcentaje de niños amamantados hasta los 6 meses disminuyó de un 22.3% en 2006 a un 14.5% en 2012. En zonas rurales descendió de 36.8% a 18.5% y a su vez la lactancia continua al año y dos años disminuyó. Se considera que en México aproximadamente >5% de niños menores a seis meses son alimentados por sucedáneos de leche materna y en otros casos no se respeta la lactancia materna exclusiva ya que se da la introducción de otro líquido como el agua para complementar (ENSANUT, 2012). En la Figura 2 se puede observar el deterioro progresivo a lo largo de 6 años con relación al uso e implementación de lactancia materna en México.

Existe un estímulo negativo con relación a la producción de leche, ya que sucede su inhibición, con ello se incrementan los riesgos para el recién nacido de presentar enfermedades gastrointestinales. En la Figura 3 se muestran las razones por las cuales las madres nunca dieron pecho a sus hijos. Se puede apreciar que la mayor causa por la que no se inició la lactancia materna es principalmente por la baja o nula producción de la misma, seguida de enfermedad de la madre y por supuesto rechazo por parte del bebé. Por ello surge la necesidad de crear programas y hacer acciones con relación a la promoción de la lactancia materna exclusiva (ENSANUT, 2012).



**Figura 2. Prácticas de Lactancia Materna (ENSANUT, 2012).**



**Figura 3. Motivos para nunca amamantar. Mujeres de 12 a 49 años madres de niños menores de 24 meses (ENSANUT, 2012).**

### 1.3.3 Composición y propiedades de leche materna

La leche materna cuenta con propiedades inmunológicas ya que contiene: linfocitos T y B, inmunoglobulinas secretoras, antígenos de histocompatibilidad, factor bifidus, lactoferrina, transferrina, proteína fijadora de vitamina B<sub>12</sub> y corticoides, lisozima, lipoproteína lipasa y enzimas leucocíticas. A su vez, en el calostro se encuentran en altas concentraciones los macrófagos, neutrófilos, linfocitos T y B, células epiteliales, ayudando en la destrucción bacteriana y su colonización. También es rico en proteína protectoras (lactoferrina e Ig-A), iones de sodio, cloro y potasio; contiene en menor cantidad lactosa y grasas. La producción de calostro se da en la lactogénesis 2, el cual es un líquido espeso amarillo. Es rico en células mononucleares, los recién nacidos ingieren aproximadamente de 2 a 10 mL (Lawrence & Lawrence, 2005).

La inmunoglobulina A limita la cantidad de antígenos que cruzan la barrera mucosa, protege contra enterovirus, citomegalovirus, herpes simple, sincitial respiratorio, retrovirus y rotavirus. El factor bifidus ayuda a la producción de *Lactobacillus bifidus* para producir anticuerpos. A su vez, las hormonas y factor de crecimiento contenidos en la leche materna van a ayudar en la maduración del tubo digestivo (Lawrence & Lawrence, 2005).

La leche materna va a ser la encargada de satisfacer con cada una de las necesidades en relación al crecimiento y desarrollo del lactante. Va a ser la encargada de proporcionar un equilibrio entre los nutrientes para dar una buena nutrición. Por ello no va a ser necesario proporcionar otro tipo de alimentos o bebidas al lactante. Su composición es específica para evitar un daño a futuro en riñones por nitrógeno, esto con relación al contenido de proteína. La leche al inicio de la tetada contiene menos grasa, en comparación a la del final la cual es rica en grasas. Debido a su contenido de lípidos rico en los AG poliinsaturados de cadena larga, en especial ácido docosahexaenoico (DHA); se encarga del desarrollo óptimo del sistema nervioso central. También los minerales contenidos en la leche se van a unir a las proteínas, con ello van a crear un equilibrio aumentando la biodisponibilidad para cubrir con las necesidades del bebé (Murtaugh *et al.*, 2014).

La leche de transición es producida entre el 4<sup>o</sup> y 15<sup>o</sup> día posparto, y es cuando ocurre un incremento en la producción de leche hasta llegar a producir 600-700 mL/día, su producción es de 15-30 días. Posteriormente se modifica hasta alcanzar las propiedades de la leche madura, la cual se produce aproximadamente entre 700-900 mL/día durante los primeros 6 meses y en el 2<sup>o</sup> semestre 500 mL/día; aproximadamente aporta 75 Kcal/100mL. En la Tabla 6 se observan las variaciones con relación a la cantidad de aminoácidos libres en las diferentes etapas de la leche materna (Lawrence & Lawrence, 2005).

A continuación, se muestra la composición química de nutrimentos contenidos en el calostro y leche madura (Tabla 7). Se pueden apreciar las diferencias en composición debido a que conforme va creciendo el lactante, sus requerimientos y necesidades nutricionales van cambiando de acuerdo a su edad.

La lactancia materna resulta ser beneficiosa también para la madre ya que va a ser la encargada de incrementar los niveles de oxitocina; esta va a propiciar las contracciones uterinas ayudándolo a que regrese a su tamaño normal y disminuye la cantidad de sangre perdida posparto. A su vez ayuda a que exista un retraso en el retorno de la fertilidad, disminuye el riesgo de que padezcan cáncer de mama y ovario y artritis reumatoide. También debido a que crea un lazo fuerte entre el lactante y la madre, puede ayudar a incrementar su confianza (Heining & Dewey, 1997).

**Tabla 6.** Concentración de Aminoácidos Libres en la Leche Humana (mmol/dL)  
(Lawrence & Lawrence, 2005).

Aminoácidos libres	Calostro	Leche transición	Leche madura
Ácido glutámico	36-68	88-127	101-180
Glutamina	2-9-41	9-20	13-58
Taurina	459-11	34-50	27-87
Alanina	5-12	13-20	17-26
Treonina	12	7-8	6-13
Serina	5-8	6-11	6-14
Glicina	5-6	5-10	3-13
Ácido aspártico	3-5	3-4	3-5
Leucina	1-3	2-6	2-4
Cistina	3-4	2-5	3-8
Valina	5	3-6	46
Lisina	2	1-11	2-5
Histidina	1-2	2-3	0.4-3.0
Fenilalanina	2	1	0.6-2.0
Tirosina	3-7	1-2	1-2
Arginina	2	1-5	1-2
Isoleucina	1-4	1-2	1
Ornitilina	0.8	1	0.5-0.9
Metionina	8	0.3-3.058	0.3-0.8
Fosfoserina	4	0.4-1.416	4
Fosfetanolamina	1		10
Alfaaminobutrato	5		0.4-1.0
Triptofano			1
Prolina			2-3

**Tabla 7.** Composición del calostro y de la leche humana madura en 100 ml (Lawrence & Lawrence, 2005).

Componente	Calostro	Leche Madura
Energía Kcal	58	70
Total de sólidos (g)	1.8	1
Lactosa (g)	5.3	7.3
Nitrógeno total (mg)	360	171
Nitrógeno proteico(mg)	313	129
Nitrógeno no proteico (mg)	47	4
Proteína Total (g)	0.3	0.9
Caseína (mg)	140	187
Alfa lactoalbumina (mg)	218	161
Lactoferrina (mg)	330	167
Ig A (mg)	364	142
Aminoácidos		
Alanina (mg)	--	52
Arginina (mg)	126	49
Aspartato (mg)	--	110
Cistina (mg)	--	5
Glutamato (mg)	--	196
Glicina (mg)	--	27
Histidina (mg)	57	31
Isoleucina (mg)	121	67
Leucina (mg)	21	110
Lisina (mg)	163	79
Metionina (mg)	33	19
Fenilalanina (mg)	105	44
Prolina (mg)	--	89
Serina (mg)	--	54
Treonina (mg)	148	58

**Tabla 7. Continúa.**

Componente	Calostro	Leche Madura
Triptófano (mg)	52	25
Tirosina (mg)	--	38
Valina (mg)	169	90
Taurina (mg)	--	8
Urea (mg)	10	30
Creatinina (mg)	--	3.3
Grasas totales (g)	2.9	4.2
<b>Ácidos grasos (% del total)</b>		
12:0 láurico	1.8	5.8
14:0 mirístico	3.8	8.6
16:0 palmítico	6.2	21
18:0 esteárico	8.8	8
18:1 oleico	36.6	35.5
18:2 n-6 linoleico	6.8	7.2
18:3 n-3 linolénico	--	1
C20 y C 22 poli insaturados	10.2	2.9
<b>Vitaminas liposolubles</b>		
Vit A (equiv. Retinol) ng	89	47
Beta caroteno (ng)	112	23
Vit D (ng)	--	0.0004
Vit E (Tocoferoles) ng	1,280	315
Vit K (ng)	0.3	0.21
<b>Vitaminas hidrosolubles</b>		
Tiamina (ng)	15	16
Rivoflavina (ng)	25	35
Niacina (ng)	75	200
Ac. Fólico (ng)	--	5.2

**Tabla 7. Continúa.**

Componente	Calostro	Leche Madura
Vit B6 (ng)	12	28
Biotina (ng)	0.1	0.6
Acido pantoténico (ng)	183	225
Vit B12 (ng)	200	10
Ácido ascórbico (ng)	4.4	4
Minerales		
Calcio (mg)	23	8
Magnesio (mg)	3.4	3
Sodio (mg)	48	15
Potasio (mg)	74	58
Cloro (mg)	91	40
Fósforo (mg)	14	15
Azufre (mg)	22	14
Elementos traza		
Cromo (ng)	--	39
Cobalto (ng)	--	1
Cobre (ng)	46	35
Flúor (ng)	--	7
Yodo (ng)	12	7
Fierro (ng)	12	7
Manganeso (ng)	--	0.4-1.5
Niquel (ng)	--	2
Zing (ng)	540	166

#### **1.3.4 Recomendaciones para uso de sucedáneos de leche materna**

Los sucedáneos resultan ser una alternativa cuando no es posible en su totalidad el empleo de lactancia materna. Son elaborados a partir de la leche de vaca o productos de soya modificados industrialmente. Durante su elaboración se ajusta la cantidad de nutrientes y con ello hacerlos más parecidos a la leche materna (INSP, 2015). Presentan diferencias con relación la cantidad de lípidos, proteínas y propiedades anti-infecciosas. Además, no es un producto en el cual se garantice su esterilidad e inocuidad, ya que se han encontrado bacterias patógenas en los sucedáneos como la *Enterobacter sakazakii*. Los sucedáneos a base de soya contienen fitoestrógenos cuya consecuencia a futuro intervienen en la reducción de fertilidad en niños y provocan pubertad precoz en niñas (INSP, 2015).

En actualidad se recomienda el empleo de lactancia materna exclusiva durante los primeros 6 meses de vida, pero en situaciones especiales es recomendado el empleo de sucedáneos de leche materna. Entre los casos que se acepta son: lactantes con galactosemia clásica ya que requieren de una leche artificial libre de galactosa, con enfermedad de orina en jarabe de arce requieren leche artificial libre de leucina, isoleucina y valina; y con fenilcetonuria requieren leche artificial libre de fenilalanina (OMS y OPS, 2010).

A su vez se recomienda su uso en lactantes con bajo peso al nacer (<1,500g), recién nacidos prematuros (<32 semanas de gestación) y recién nacidos con riesgo de hipoglicemia de madres diabéticas. También si la madre presenta VIH y es factible y sostenible el uso de los mismo. Si se llegan a presentar las siguientes afecciones maternas, se puede seguir con lactancia aunque resulten problemas de salud preocupantes: absceso mamario, hepatitis B y C, mastitis y tuberculosis (tratada exitosamente durante >2 semanas); generalmente se recomienda en estos casos que se empleen sucedáneos si la madre los puede sustentar de lo contrario se sugiere seguir con lactancia materna. Enfermedades graves como septicemia (Herpes simplex Tipo 1) o que la madre esté bajo medicación con sedantes, antiepilépticos, opioides, iodo radioactivo-131 y quimioterapia citotóxica justifican el uso de sucedáneos (Schellhorn y Valdés, 2010).

Los sucedáneos de leche materna tratan de cumplir con el “patrón de oro” al incluir la mayoría de los componentes de la leche materna, queriendo ser similares en su totalidad. Por ello se ha creado el “Código internacional de comercialización de sucedáneos de leche materna”, para poder controlar el contenido de los sucedáneos y a su vez cumplan con los diferentes requerimientos nutricionales conforme las diferentes etapas de lactancia, ya que la leche materna evoluciona va evolucionado (OMS, 1981). Va a ser el encargado de establecer los límites permitidos de vitaminas, minerales y en ocasiones microorganismos patógenos y metales pesados, contenidos en dichos productos. Los objetivos principales de dicho código (OMS, 1981) son:

- Establecer las disposiciones y especificaciones sanitarias, nutrimentales y etiquetado que deben cumplir las fórmulas de lactantes, continuación y alimentos/bebidas para lactantes y niños.
- Observación obligatoria a las personas físicas y morales que se dedican al proceso e importación de dichos productos, los cuales sean comercializados en territorio nacional.

#### ***1.3.4.1 Desventajas de sucedáneos de leche materna***

Van a ser los encargados de incrementar las probabilidades de muerte infantil, cuyas causas pueden ser diarreas y neumonías, esto debido a su composición diferente a la de leche materna, la cual confiere beneficios inmunológicos al lactante. También se incrementan los riesgos y gravedad de padecer meningitis e infecciones del tracto urinario. A futuro aumentan las probabilidades de que el niño tenga enfermedades inmunológicas: asma, diabetes, enfermedad celíaca, colitis ulcerativa, enfermedad de Crohn y leucemia. A su vez resultan más propensos en edad adulta a padecer enfermedades cardiovasculares, problemas de presión, niveles altos/bajos de colesterol y aterosclerosis (OMS y OPS, 2010).

Carecen de una gran cantidad de componentes brindados por la leche materna, entre los que se encuentran las hormonas, elementos inmunológicos, prebióticos y probióticos. A su vez los nutrimentos que son altamente biodisponibles en leche

materna como es el hierro que se absorbe un 49%, en cambio el presente en los sucedáneos enriquecidos con hierro solo se absorbe un 4% (INSP, 2015).

#### **1.3.4.2 Baja ingesta**

Puede existir una gran variedad de factores los cuales pueden provocar que el lactante tenga una baja ingesta de leche materna. Los podemos dividir en factores psicológicos y de lactancia materna. En la Tabla 8 se muestran los diferentes factores que influyen (OMS y OPS, 2010). Se pueden apreciar cuando el lactante presenta problemas para aumentar de peso, una baja producción de orina o irritabilidad por parte del lactante. Puede ser ocasionado por varios factores como por ejemplo que se encuentre enfermo, a que sea prematuro, o presente anomalías congénitas. Entre las anomalías congénitas más comunes se encuentran: defectos en paladar/corazón/riñones. La razón más común por la que el lactante no obtiene la cantidad suficiente de leche es por una mala técnica de agarre la cual es posible corregir (OMS y OPS, 2010).

**Tabla 8.** *Diferentes factores que intervienen en el bajo consumo de leche materna (OMS y OPS, 2010).*

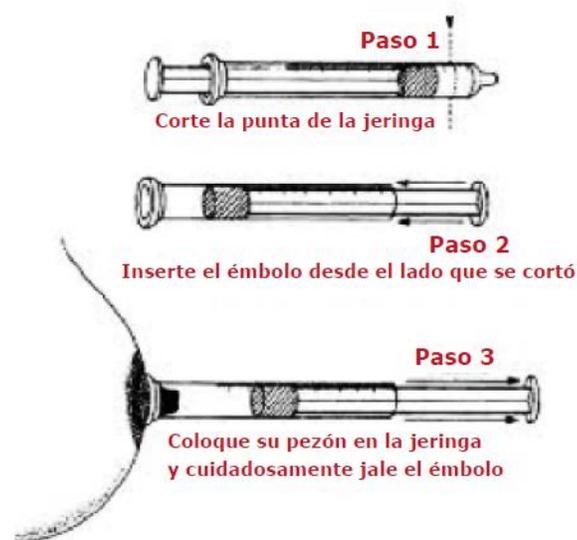
Lactancia Materna	Psicológicos
Retraso en inicio	Estado de animo
Mal agarre	Condición física
Tetadas cortas	Pastillas anticonceptivas (hormonas)
Uso de biberones	Tabaco y alcohol
Introducción de alimentos o bebidas (complementarios)	Malnutrición (desnutrición/obesidad)

### **1.3.5 Producción de leche materna**

#### **1.3.5.1 Problemas anatómicos que dificultan la lactancia**

Pueden existir problemas a nivel de tejido mamario, el cual se encuentre disfuncional o insuficiente debido a malformaciones congénitas o algún tipo de

intervención quirúrgica. También pueden existir lesiones e infecciones en el pezón lo cual haga de la lactancia un evento doloroso e incómodo para la madre, como por ejemplo mastitis u obstrucciones de los conductos. A su vez puede haber presencia de pezones planos, en estos casos se recomienda dar un ligero masaje y aplicar una compresa fría, ayuda a que mejore la protractilidad; pezones invertidos dificulta el agarra del lactante, por ello se puede emplear los tira leches o émbolos de jeringas con el vacío que provocan la salida del pezón; pezones grandes y largos dificultan el suficiente agarre de tejido mamario por el lactante (Kaufer-Horwitz *et al.*, 2015).



**Figura 4.** Se puede apreciar el mecanismo para tratar los pezones invertidos (OMS & OPS, 2010).

Otra causa de baja producción es debido a que puede existir una alteración en la regulación del factor inhibidor de la lactancia, el cual es un polipéptido, encargado de limitar la producción excesiva de leche. Esto ocurre debido a que generalmente la glándula mamaria no es capaz de almacenar una cantidad excesiva de leche ya que podría romper las células del tejido mamario. La causa principal es debido a que no se extrae la leche y aumentan las concentraciones factor inhibidor de la lactancia y con ello se detiene la secreción (INSP, 2015).

### **1.3.5.2 Alternativas para aumentar la producción de leche materna**

La producción de leche materna generalmente es de 600 mL en el mes posterior al parto y la total es entre 450-1200 mL/día dependiendo de la demanda que tenga el lactante y la cantidad de tetadas. La demanda va a depender de la densidad calórica de la leche y la edad del lactante. La succión continua y el bombeo de leche aumenta la cantidad de leche producida. La síntesis de leche está directamente relacionada con las necesidades que presenta en ese momento el lactante, con ello se da un incremento en la producción (Dewey & Lonnerdal, 1995).

Su composición va a depender del estado nutricional que presente la madre, por ello es importante la nutrición proteínico-calórica positiva, la cual va a ser la encargada de aumentar el volumen de la producción de leche. A su vez influye la disminución de peso o restricción de alimentos, lo cual disminuye la producción de leche. También el estrés que presente la madre durante esa etapa va a influir en el volumen de leche producida. Se recomienda un adecuado consumo de líquidos junto con una dieta adecuada (Murtaugh *et al.*, 2014).

### **1.3.5.3 Galactogogos**

Para aumentar la producción de leche han surgido una amplia variedad de medicamentos y remedios herbolarios los cuales son también llamados galactogogos. Entre estos se encuentran dos medicamentos, la metoclopramida y la domperidona, los cuales incrementan las concentraciones de prolactina por medio de los receptores dopaminérgicos. Los galactogogos tienen efectos negativos a largo plazo, sin embargo, si los presenta la madre, se recomienda la suspensión inmediata. Entre los efectos negativos que pueden provocar están: fatiga, somnolencia, depresión, ansiedad, confusión, mareo, dolor de cabeza y en ocasiones diarreas. Por ello su uso es limitado y requiere prescripción médica (Murtaugh *et al.*, 2014).

Los galactogogos herbolarios aún no se encuentran regulados por la 'Foods and Drugs Administration' (FDA), por ello no es seguro su uso y son utilizados a corto plazo. Algunos ejemplos son: fenogreco, gallega/ruda cabruna, cardo mariano y

cardo bendito, en la Tabla 9 se muestran algunas hierbas reportadas como capaces de modificar la producción de leche (Hardy, 2000).

**Tabla 9.** Hierbas que se utilizan en forma tradicional para modificar la producción de leche (Hardy, 2000).

<b>Hierbas que incrementan el flujo de leche</b>
Alcaravea
Alholva
Anís
Apio
Árbol castro
Astrágalo
Cardo mariano
Frambuesa
Flor de Jamaica
Hierba de limón
Hinojo
Malva
Malvavisco
Ortiga
Rauwolfia
Rue de cabra
Verbena
<b>Hierbas que reducen el flujo de leche</b>
Planta de aceite de ricino
Jazmín
Perejil fresco
Salvia

#### 1.4 Semilla de amaranto

El amaranto es una planta de la familia *Amaranthaceae* del género *Amaranthus*, y una de las especies es *Amaranthus hypochondriacus*. Esta especie de amaranto se cree que fue domesticada en el centro de México. Es común en áreas tropicales, con elevadas altitudes y condiciones secas. Es considerada una semilla de calidad y tiene un gran potencial en su uso como ingrediente. Tiene un olor y sabor agradable. Sus semillas son pequeñas por gramo hay entre 1,000 a 3,000. El germen y salvado de amaranto forman el 26% de la semilla, la harina es el 74%, dicho contenido es similar al presente en el grano de trigo. Cuando se muele el grano entero sus proteínas, grasas, vitaminas y minerales se concentran en la fracción del germen y salvado (NRC, 1984). En la Tabla 10 se observa la composición de las diferentes semillas de amaranto.

**Tabla 10.** Composición proximal de las semillas de amaranto (Pomerantz, 1983).

Especies	N (%)	Proteína (%)	Grasas (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)
<b>A. cruentus</b>	3.05	17.8	7.9	4.4	3.3
<b>A. cruentus x hypochondriacus</b>	2.97	17.4	8.0	4.3	3.0
<b>A. edullis (A. caudatus)</b>	2.70	15.8	8.1	3.2	3.2
<b>A. hypochondriacus</b>	2.67	15.6	6.1	5.0	3.3

El amaranto germinado puede contener 30% de proteína y 20% de aceite. La porción de salvado en el amaranto contiene una alta cantidad de fibra, proteína, vitaminas y minerales. En las proteínas en el grano de amaranto hay un balance entre las proteínas y AA, el cual resulta ser el óptimo requerido en la dieta de las personas. Tiene altas concentraciones de lisina, a su vez ayuda a complementar los AA esenciales presentes en arroz, maíz y trigo. La proteína del amaranto tiene un

alto valor nutricional, ya que cuenta con un valor biológico de 75, los ácidos grasos y el aceite de amaranto constituyen el 70% de ácido oleico, 20% de ácido esteárico y 1% de ácido linoleico (NRC, 1984). En la Tabla 11 se observa el contenido nutrimental presente en las semillas de amaranto empleadas para consumo.

**Tabla 11.** Contenido nutrimental promedio del amaranto por cada 100g (NRC, 1984).

<b>Nutrimentos</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Kcal</b>	337
<b>Proteínas</b>	17.0 (20.2%)
<b>Cenizas</b>	3.1
<b>Grasas</b>	7.4 (19.8%)
<b>Fibra</b>	13.1
<b>Hidratos de carbono</b>	50.6 (60.0%)
<b>Calcio</b>	248 ppm
<b>Fosforo</b>	5250 ppm
<b>Hierro</b>	38.0 ppm
<b>Potasio</b>	400.0 ppm
<b>Ácido palmítico (16:0)</b>	19.3 %
<b>Ácido esteárico (18:0)</b>	3.3%
<b>Ácido oleico (18:1)</b>	19.4%
<b>Ácido linoleico (18:2)</b>	37.2%

Nota: los porcentajes son con relación a los 100g de amaranto, los cuales equivalen al 100%.

De la mayoría de los granos de cereales, los granos de amaranto cuentan con mayor contenido de proteínas. En la Tabla 12 se observa la cantidad de AA contenida en las diferentes especies de amaranto.

**Tabla 12.** Composición de Amino ácidos de Proteína (g/16 g de N) en Especies de amaranto (Pomeranz, 1983).

Aminoácido	A. caudatus	A. hypochondriacus	A. cruentus
Lisina	5.3	5.5	5.1
Histidina	2.5	2.5	2.4
Treonina	3.5	3.6	3.4
Cisteína	2.3	2.1	2.1
Metionina	2.4	2.6	1.9
Cisteína + Metionina	4.7	4.7	4.0
Valina	4.1	4.5	4.2
Isoleucina	3.6	3.9	3.6
Leucina	5.3	5.7	5.1
Tirosina	2.8	3.3	2.6
Fenilalanina	3.4	4.0	3.4
Serina	5.9	6.3	5.4
Glicina	6.9	7.4	7.0
Arginina	---	---	7.9
Alanina	---	---	3.4
Ácido aspártico	---	---	7.8
Ácido glutámico	---	---	14.2
Prolina	---	---	3.6
Triptófano	---	---	---
Nitrógeno recuperado	89.6	86.8	85
Valor químico	75	81	73

#### **1.4.1 Usos del amaranto en sucedáneos de leche materna**

Estudios realizados con la harina del grano entero de amaranto, proponen al amaranto como un posible ingrediente para la formulación de sucedáneos de leche materna. Dichos estudios ayudan a evaluar su potencial como posibles ingredientes en la formulación de nuevos sucedáneos de leche materna. Los estudios se basan en el análisis sobre el contenido mineral, de ácidos grasos, aminoácidos y contenido de proteínas (Sánchez-Marroquín *et al.*, 1986).

El uso del amaranto como ingrediente clave en fórmulas, se debe a, su alto contenido en proteínas, bajo precio y cultivo constante; además cumpliría con los requerimientos nutricios necesarios para cada etapa de vida del lactante. Se encontró que el amaranto, al igual que la soya, resultan ser una buena alternativa para la fabricación de sucedáneos, debido a su alto contenido de proteínas y grasas. En los estudios realizados se demostró que el uso de la harina del grano entero del amaranto, ayudaría a la creación de sucedáneos de leche materna a muy bajo costo, además de contener con las características necesarias para proporcionar una adecuada nutrición a los bebés y con ello combatir la desnutrición infantil (Sánchez-Marroquín *et al.*, 1986).