



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTILÁN**

**Estudio Comparativo de Fórmulas para Lactantes y  
su Evaluación de la Conformidad con la  
Normatividad Vigente NOM-131-SSA1-1995.**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERA EN ALIMENTOS  
P R E S E N T A :  
MARÍA CECILIA OSCOY VÁZQUEZ**

**ASESORA: DRA. SARA ESTHER VALDÉS MARTÍNEZ  
COASESOR: DRA. CAROLINA MORENO RAMOS**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**



**M. en C. JORGE ALFREDO CUELLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Tesis

**Estudio Comparativo de Fórmulas para Lactantes y su Evaluación de la Conformidad con la Normatividad Vigente NOM-131-SSA1-1995**

Que presenta la pasante: María Cecilia Oскоy Vázquez  
Con número de cuenta: 305795191 para obtener el Título de: Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de Noviembre de 2014.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dra. Sara Esther Valdés Martínez	
<b>VOCAL</b>	I.B.Q Leticia Figueroa Villarreal	
<b>SECRETARIO</b>	I.B.Q Saturnino Maya Ramírez	
<b>1er. SUPLENTE</b>	Dr Enrique Martínez Manrique	
<b>2do. SUPLENTE</b>	I.A. Zaira Berenice Guadarrama Álvarez	

NOTA. los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

## **AGRADECIMIENTOS**

### ***A Dios:***

por permitirme cerrar un ciclo más en mi vida y poner en mi camino a todas las personas maravillosas que me han formado y apoyado.

### ***A mis padres:***

por siempre darme lo mejor, guiarme y apoyarme en toda circunstancia. Es admirable cuán lejos han llegado.

### ***Daniel:***

por tus consejos, has llegado lejos y espero seguir tus pasos, estoy orgullosa de ti.

### ***Iker y Diana:***

porque este proyecto fue pensado en ti Iker, te quiero mucho. Diana gracias por tu cariño y por traer a este pequeño a nuestras vidas.

### ***Diego:***

por ser mi pilar y hacerme recapacitar cada vez que me di por vencida, por darme tu apoyo incondicional y estar siempre presente.

### ***Edgar:***

por darme a conocer esta gran carrera y por creer en mí como una Ingeniera en Alimentos.

### ***A mis amigos de vida y carrera:***

por estar siempre al pendiente, por su ánimo de seguir adelante y superarse.

### ***Dra. Sara Esther Valdés Martínez:***

por compartirme su sabiduría, por guiarme y brindarme su apoyo total a lo largo de este proyecto, por su comprensión, paciencia y dedicación.

### ***Dra. Carolina Moreno Ramos:***

por ser mi maestra, por brindarme su apoyo, sus consejos y conocimientos.

### ***M. en C. María Guadalupe Amaya León:***

por su paciencia y por sus enseñanzas.

### ***Serch:***

por compartirme tus conocimientos, brindarme tu ayuda y por tu linda amistad.

### ***A la UNAM:***

por darme la oportunidad de estudiar tan grandiosa carrera.

## ÍNDICE

Índice de Tablas.....	1
Índice de Figuras .....	3
RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
1. ANTECEDENTES .....	8
1.1. La Leche .....	8
1.1.1. Propiedades Físicas y Fisicoquímicas de la Leche.....	9
1.1.2. Composición Química de la Leche.....	14
1.2. Producción de Leche a Nivel Mundial .....	24
1.3. Producción Nacional de Leche .....	25
1.4. Disponibilidad Per cápita de la Leche en México .....	26
1.4.1. Diversificación de Productos Lácteos y Derivados Lácteos .....	29
1.5. Fórmulas Infantiles .....	36
1.6. Fórmulas para Lactantes .....	37
1.6.1. Estadísticas de Lactantes Amamantados en México .....	38
1.6.2. Proceso de Obtención de las Fórmulas para Lactantes.....	41
1.6.3. Normatividad en México .....	44
1.6.4. Propiedades Físicas y Fisicoquímicas de las Fórmulas para Lactantes.....	46
1.6.5. Características Químicas de las Fórmulas para Lactantes.....	47
1.6.6. Relación Caseína/Seroproteínas en Fórmulas Lácteas .....	50
1.6.7. Especificaciones Sanitarias en Fórmulas para Lactantes .....	53
2. JUSTIFICACIÓN.....	57
3. OBJETIVOS.....	58
4. DESARROLLO METODOLÓGICO .....	59
4.1. Análisis Fisicoquímico de las Formulas para Lactantes.....	59
4.2. Análisis Químico Proximal de las Fórmulas para Lactantes.....	60

4.3. Análisis Microbiológico en las Fórmulas para Lactantes.....	61
4.4. Cuantificación de Proteínas en las Fórmulas para Lactantes .....	61
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	62
CONCLUSIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍA .....	96

## Índice de Tablas

Tabla 1. Características Físicas y Fisicoquímicas de la Leche.....	11
Tabla 2. Composición Química Media de la Leche .....	15
Tabla 3. Distribución de las Proteínas en la Leche Desnatada.....	16
Tabla 4. Perfil de Aminoácidos Esenciales de las Proteínas de la Leche.....	18
Tabla 5. Minerales en la Leche Entera .....	22
Tabla 6. Contenido de Vitaminas en la Leche Entera .....	23
Tabla 7. Categorías que Integran a la Canasta Básica.....	28
Tabla 8. Tipos de Leche Frecuentemente Presentes en el Mercado y su Definición (I) .....	31
Tabla 9. Tipos de Leche Frecuentemente Presentes en el Mercado (II).....	32
Tabla 10. Tipos de Productos Lácteos Frecuentemente Presentes en el Mercado y su Definición (I).....	33
Tabla 11. Tipos de Productos Lácteos Frecuentemente Presentes en el Mercado y su Definición (II).....	34
Tabla 12. Derivados Lácteos y su Definición.....	35
Tabla 13. Propiedades Físicas y Fisicoquímicas de la Fórmula Láctea Rehidratada Descremada .....	46
Tabla 14. Nutrientes Especificados de acuerdo al Codex Alimentarius.....	47
Tabla 15. Nutrientes Especificados de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana .....	48
Tabla 16. Principales Sustancias Nitrogenadas de la Leche de Vaca.....	52
Tabla 17. Especificaciones Sanitarias para Fórmulas para Lactantes .....	54
Tabla 18. Metodología para el Análisis Fisicoquímico de las Fórmulas para Lactantes .....	59
Tabla 19. Metodología para el AQP de las Fórmulas para Lactantes .....	60
Tabla 20. Metodología para el Conteo Microbiológico en las Fórmulas para Lactantes.....	61
Tabla 21. Metodología para la Cuantificación de la Relación CAS/SP de las Fórmulas para Lactantes.....	61
Tabla 22. Resultados del Análisis de Propiedades Físicas y Fisicoquímicas.....	63
Tabla 23. Resultados del Análisis de Propiedades Físicas (Color) .....	64
Tabla 24. Resultados del Análisis Químico Proximal.....	65
Tabla 25. Resultados del Conteo Microbiológico .....	66
Tabla 26. Resultados de la Relación de CS/SP .....	67

Tabla 27. Muestras de Color Utilizando Adobe Photoshop CS5. ....	80
Tabla 28. Desviación Estándar y Coeficiente de Variación entre Valores de % Proteína Experimentales y Valor de Etiqueta.....	82
Tabla 29. Comparativo entre % Proteína Experimental y lo Establecido en la NOM-131-SSA1-1995. ....	84
Tabla 30. Desviación Estándar y Coeficiente de Variación entre Valores de % Grasa Experimentales y Valor de Etiqueta.....	85
Tabla 31. Comparativo entre % Grasa Experimental y lo Establecido en la NOM-131-SSA1-1995. ....	87
Tabla 32. Desviación Estándar y Coeficiente de Variación entre Valores de % Carbohidratos Experimentales y Valor de Etiqueta.....	89
Tabla 33. Comparativo entre % Carbohidratos Experimental y lo Establecido en la NOM-131-SSA1-1995. ....	91

## Índice de Figuras

Figura 1. Producción de Leche por Especie .....	8
Figura 2. Productividad de Leche en el Mundo (Toneladas/Cabeza).....	24
Figura 3. Producción Nacional de Leche.....	25
Figura 4. Principales Estados Productores de Leche de Vaca.....	26
Figura 5. Diversificación de los Productos y Derivados Lácteos.....	30
Figura 6. Gráfica del Porcentaje de Bebés que Lactaron según el Nivel de Escolaridad de la Madre.....	38
Figura 7. Gráfico de la Duración Media de la Lactancia Materna según el Nivel de Escolaridad de la Madre. ....	39
Figura 8. Motivos para Nunca Amamantar. Mujeres de 12 a 49 años madres de niños menores de 24 meses. México, ENSANUT 2012.....	40
Figura 9. Diagrama de Proceso General de Elaboración de una Fórmula en Polvo para Lactantes.....	42
Figura 10. Cuadro Metodológico .....	58
Figura 11. Gráfica de Caja Densidad (Hidratada) vs Marca .....	68
Figura 12. Diferencia Existente entre Densidad (Hidratada) y Marcas.....	69
Figura 13. Gráfica de Caja de Densidad de la Fórmula Deshidratada vs Marcas .....	70
Figura 14. Diferencia Existente entre Densidad (Fórmula Deshidratada) y Marcas.....	70
Figura 15. Gráfica de Caja Acidez vs Marca.....	72
Figura 16. Diferencia Existente entre Acidez y Marcas.....	73
Figura 17. Gráfica de Caja del Parámetro L* vs Marcas.....	75
Figura 18. Diferencia Existente entre el Parámetro L* y Marcas .....	75
Figura 19. Gráfica de Caja del Parámetro a*.....	76
Figura 20. Diferencia Existente entre el Parámetro a* y Marcas .....	77
Figura 21. Gráfica de Caja del Parámetro b* vs Marcas .....	78
Figura 22. Diferencias Existente entre el Parámetro b* y Marcas .....	78
Figura 23. Gráfica de Caja de Humedad vs Marca.....	81
Figura 24. Diferencia Existente entre %Humedad y Marcas .....	81
Figura 25. Gráfica de Caja %Proteína vs Marca .....	83
Figura 26. Diferencia Existente entre %Proteína y Marcas.....	84

Figura 27. Gráfica de Caja %Lípidos y Marca.....	86
Figura 28. Diferencia Existente entre %Grasa y Marcas.....	86
Figura 29. Gráfica de Caja %Ceniza vs Marca .....	88
Figura 30. Diferencia Existente entre %Ceniza y Marcas.....	88
Figura 31. Gráfica de Caja % Carbohidratos (%Lactosa) vs Marca .....	90
Figura 32. Diferencia Existente entre %Carbohidratos (%Lactosa) y Marcas.....	91
Figura 33. Gráfica de Caja de la Fracción de Caseína vs Marcas .....	92
Figura 34. Diferencia Existente entre la Fracción de Caseína y Marcas.....	93

## RESUMEN

Las fórmulas para lactantes son el primer alimento que consume el ser humano en los primeros meses de vida en caso de que la lactancia materna no pueda llevarse a cabo, siendo así un producto de vital importancia, es por esto que en este proyecto se llevó a cabo la evaluación de siete marcas diferentes de fórmulas para lactantes, en el periodo de febrero a noviembre del 2012, en las cuales se determinaron las propiedades físicas y fisicoquímicas; dentro de las propiedades físicas están: densidad, color, materia extraña (particularmente partículas quemadas) y sedimento; y las propiedades fisicoquímicas: acidez y pH, observando que cumplan con los parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. A estas mismas fórmulas se les realizó un Análisis Químico Proximal (AQP) para cuantificar los nutrimentos que las constituyen (humedad, proteína, grasa, cenizas y carbohidratos, cuantificando la lactosa ya que es el carbohidrato principal de este producto lácteo) los cuales se compararon con lo estipulado en la etiqueta de cada fórmula láctea y con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-131-SSA1-1995, norma vigente en el lapso en el que se efectuó este estudio de investigación. Se realizó también la determinación microbiológica de las siguientes bacterias: Mesófilos aerobios, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y Coliformes totales, cuidando que cumplan con lo establecido en la NOM-131-SSA1-1995. El objetivo especial de este proyecto fue la cuantificación de la relación de caseínas y seroproteínas contenidas en estas siete fórmulas para lactantes, esperando que esta relación sea la más cercana a la encontrada en la leche materna madura, de acuerdo a la bibliografía encontrada.

Con los resultados obtenidos en la determinación de las propiedades físicas y fisicoquímicas se determinó que el proceso de secado por aspersión a la que fue sometida la leche para la obtención de estos productos se llevó a cabo en las condiciones adecuadas; estas propiedades se encontraron dentro de los parámetros establecidos en la NOM-155-SCFI-2012. De acuerdo al AQP, se encontraron diferencias con lo estipulado en la etiqueta aunque cumplieron con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-131-SSA1-1995. Con la determinación microbiológica se concluye que estas fórmulas lácteas se encontraron dentro de las especificaciones sanitarias que pide esta misma norma y se afirma la seguridad para alimentar a los lactantes con estas fórmulas. En los resultados de la relación de caseína/seroproteínas, sólo dos de las marcas de fórmulas para lactantes contenían la proporción de estas proteínas

hallada en la leche materna madura, encontrándose las demás por debajo de esta relación y excediéndola.

## INTRODUCCIÓN

La leche es el líquido segregado por los mamíferos a través de las glándulas mamarias, cuya finalidad básica es alimentar a su cría durante un determinado tiempo; su importancia se basa en su alto valor nutritivo, ya que sus componentes se encuentran en la forma y en las proporciones adecuadas, de tal manera que cada una de las leches representa el alimentos más balanceado y propio para sus correspondientes crías (Badui, 1993).

La leche humana constituye una fuente importante de nutrientes esenciales en la etapa neonatal, este uno de los motivos por lo que se la considera como el alimento ideal para el bebé (Hambreus, 1977). Cuando la lactancia materna no es posible, deben utilizarse las fórmulas para lactantes, cuya composición está regulada según directrices de diversos organismos internacionales (García, 2007).

Dado que en los primeros meses de vida el lactante depende para su alimentación de un único alimento, este debe necesariamente cubrir todos sus requerimientos y debe ser un alimento cuidadosamente diseñado para tal propósito (Ronayne, 1995). Existen diversos tipos de fórmulas según la fase de la lactancia; durante los primeros seis meses se utilizan las de "inicio", las que en su mayoría son "adaptadas" o "balanceadas", es decir, con una relación caseína/proteínas del suero (CAS/PS) 40:60, mientras que a partir de esa edad se utilizan las de "seguimiento" o "continuación", con una relación CAS/PS 80:20. Por otra parte, existen fórmulas especiales para prematuros, las que habitualmente presentan un mayor contenido de proteínas (relación CAS/PS 40:60) y de minerales y también un mayor contenido energético. Uno de los aspectos fundamentales para lograr un crecimiento y desarrollo normal del niño, está relacionado con un aporte adecuado de proteínas, tanto en cantidad como en calidad (Binaghi, 2002).

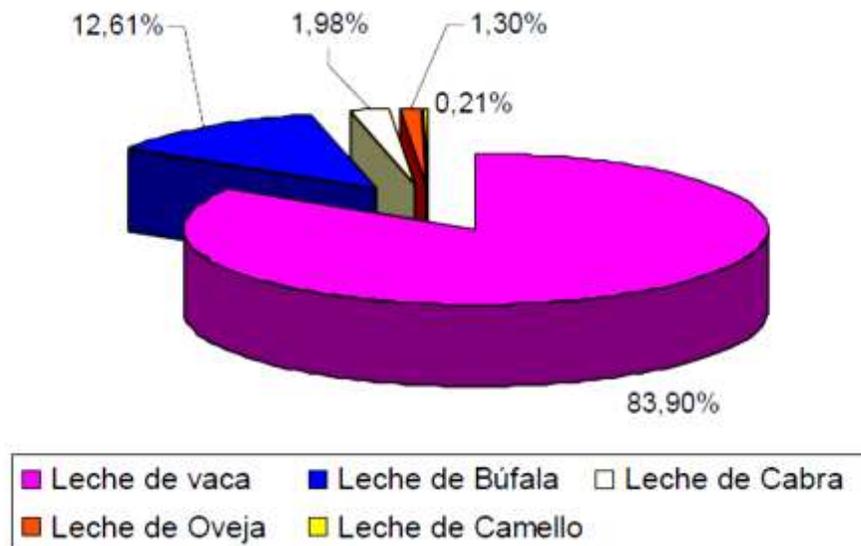
Las proteínas del suero o seroproteínas y la caseína son dos tipos de proteínas de la leche, que conforman una fuente óptima de proteína. Para lograr una calidad proteica semejante a la leche humana, no sólo se disminuye el contenido de proteínas proveniente de la leche de vaca, sino que también se reemplaza parte de la caseína por proteína del suero rica en lactoalbúmina y albúmina bovina (Lloyd, 2008), aunque ha habido un interés creciente en disminuir el contenido proteico de las fórmulas infantiles debido al desarrollo de la obesidad infantil en estos últimos años, manteniendo un aporte adecuado de proteínas tanto en cantidad como en calidad (Moreno, 2006).

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1. La Leche

La leche forma parte de la alimentación humana desde la antigüedad, desde que la primera tribu se hizo sedentaria y domesticó ciertos tipos de animales para aprovecharse de su carne, piel y, lógicamente de su leche. De este modo, el consumo de lácteos ha ido estrechamente ligado a la cultura de las diferentes civilizaciones. Así, podemos encontrar culturas decididamente lecheras pasando por otras donde el lácteo es un lujo escaso.

Como se muestra en la Figura 1 la especie animal que más se explota para producción lechera y por ende, de quien se obtiene más leche son las vacas, siguiendo en importancia cuantitativa la leche de búfala, cabra, oveja y camella (Dulce, 2005).



**Figura 1. Producción de Leche por Especie**

Fuente: Dulce, 2005. *El Crecimiento de las Leches No Tradicionales en Argentina*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Subsecretaría de Política Agropecuaria y Alimentos, Dirección Nacional de Alimentos. pp. 1.

Una de las primeras definiciones que se tiene sobre la leche destinada a la alimentación humana fue dada en Francia en 1909 por el Congreso Internacional de la Represión de Fraudes como: “La leche es el producto íntegro obtenido del ordeño total e ininterrumpido de una hembra lactante con buena salud, bien alimentada y no agotada. Debe recogerse con limpieza y no debe contener calostro”(Luquet, 1993).

De acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas, encontramos las siguientes definiciones:

- Leche: secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas o de cualquier otra especie animal, excluido el calostro (NOM-243-SSA1-2010).
- Leche (para consumo humano): es la leche que debe ser sometida a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto; además puede ser sometida a operaciones tales como clarificación, homogeneización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumpla con las especificaciones de su denominación (NOM-155-SCFI-2012).

En Francia, el Decreto del 25 de marzo de 1924, en el artículo 2, establece que no puede considerarse como leche apta para el consumo humano a:

- 1) La leche que proviene de un animal con ciertas enfermedades.
- 2) La leche coloreada, sucia o maloliente.
- 3) La leche que provenga del ordeño de un animal realizado menos de siete días después del parto, y de forma general, la leche que contenga calostro.
- 4) La leche que provenga de un animal mal alimentado y manifiestamente agotado.

Decreto número 71-6 del 4 de enero de 1971:

- 5) La leche que contenga antisépticos o antibióticos (el artículo primero del decreto del 1º de febrero de 1980 precisa: “Para que una leche sea reconocida apta para el consumo humano o animal, no debe contener residuos bacteriostáticos, antibióticos o antifúngicos”) (Luquet, 1993).

Tomando las definiciones antes citadas, se puede llegar a la siguiente: la leche es la secreción natural obtenido del ordeño total e ininterrumpido de las glándulas mamarias de especies domésticas sanas, excluido el calostro, sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto destinado para consumo humano.

### **1.1.1. Propiedades Físicas y Fisicoquímicas de la Leche**

La leche es un medio acuoso caracterizado por la presencia de diferentes fases en equilibrio inestable. Fisicoquímicamente la leche se puede considerar como una emulsión de materia grasa en una solución acuosa que contiene numerosos elementos, unos en dilución y otros en estados coloidal (Veisseyre, 1980).

- La leche es en parte una solución acuosa verdadera, que contiene partículas o iones disueltos. Esta fase es estable.

- Las soluciones coloidales, son inestables por naturaleza, constituidas por dos tipos de coloides. Las albúminas y las globulinas, moléculas poliméricas, son coloides moleculares relativamente estables puesto que son hidrófilos. El compuesto salino  $(\text{PO}_4)_3\text{Ca}_3$ , asociado a un complejo orgánico de caseinato de calcio es un coloide micelar muy inestable.
- Los glóbulos grasos son gotas de grasa rodeadas de una membrana lipoproteica y están en emulsión gracias a la carga negativa de su envoltura, que produce la leche.
- Los microorganismos de la leche, esencialmente bacterias, están en suspensión estable. Su desarrollo eventual puede dar lugar a inestabilidad, la mayoría de las veces por acidificación (por ejemplo, las bacterias lácticas) y, llegando el caso, por proteólisis (caso de las bacterias psicrotóficas) (Luquet, 1993).

Algunas propiedades físicas de la leche como su densidad, viscosidad y tensión superficial dependen de sus constituyentes; otras como el índice de refracción y el punto crioscópico, dependen de las sustancias en solución; finalmente, otras como el pH y la conductividad, dependen únicamente de los iones o de los electrones (Maza & Legorreta, 2011).

En la Tabla 1 se presentan las principales propiedades físicas y fisicoquímicas de la leche fresca y entera.

**Tabla 1. Características Físicas y Fisicoquímicas de la Leche**

<b>Característica</b>	<b>Especificación</b>
<b>Físicas</b>	
<sup>b</sup> Densidad a 15°C	1.030 a 1.034 g/ml
<sup>c</sup> Viscosidad a 10°C, 30°C	2.8cp, 1.65cp
<sup>b</sup> Índice de refracción a 20°C	1.35
<sup>c</sup> Conductividad eléctrica a 20°C	40 E <sup>-4</sup> a 50 E <sup>-4</sup> mho
<b>Fisicoquímicas</b>	
<sup>a</sup> Tensión superficial a 20°C	50 dinas/cm
<sup>b</sup> Calor específico	0.93 cal/kg °C
<sup>a</sup> Punto crioscópico	-0.51 a 0.55°C
<sup>c</sup> Punto de ebullición	100.15 a 100.17°C
<sup>a</sup> pH a 20°C	6.5 a 6.7
Acidez valorable	<sup>a</sup> 15 a 18°D <sup>c</sup> 1.3 a 1.7 g/L ácido láctico

Fuente: <sup>a</sup>Luquet, F. M. 1991. Leche y productos lácteos. Tomo 1. Acribia. Zaragoza (España). pp. 5-6.

<sup>b</sup>Veisseyre, R. 1980. Lactología Técnica. Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche. Acribia. España.

pp. 2. <sup>c</sup>Maza, M. P. & Legorreta, P. C. 2011. Generalidades de la Leche y los Productos Lácteos. pp. 31-32.

### ➤ **Densidad**

Está relacionada con su riqueza en materia seca. Una leche pobre tendrá una densidad baja, sin embargo es preciso aclarar esto, ya que la leche contiene materia grasa cuya densidad es inferior a 1 (0.93 a 20°C). Una leche enriquecida en materia grasa tiene una densidad más baja, y por el contrario, una leche descremada tiene una densidad superior (Luquet, 1991).

Este parámetro puede modificarse por la temperatura, por lo que es importante especificar la temperatura a la que se mide la densidad. Este parámetro es útil para verificar la integridad y equilibrio de los componentes de la leche (Moncada & Pelayo, 2011).

### ➤ **Viscosidad**

La viscosidad en la leche se encuentra entre 1.65 y 2.8 cp, esta propiedad disminuye con el incremento de la temperatura; además aumenta cuando el pH de la leche disminuye debajo de

6.0. Esta propiedad también depende de la presión, ya que en un fluido newtoniano como la leche, la velocidad de flujo es proporcional a la presión. La leche es mucho más viscosa que el agua debido a la presencia de glóbulos de grasa y macromoléculas; así, cualquier modificación en el porcentaje de grasa y/o proteínas en la leche se refleja en un cambio en la viscosidad (Maza & Legorreta, 2011).

➤ **Índice de Refracción**

El índice de refracción es de 1.35 a los 20°C, el incremento de este valor es resultado de la suma de los aumentos dados por cada componente. La contribución de las sales es despreciable y la grasa que se encuentra fuera de la fase continua no interviene por lo que se prepara un suero para medir este índice (Maza & Legorreta, 2011).

➤ **Conductividad Eléctrica**

El agua ofrece una resistencia considerable al paso de la corriente eléctrica; su conductividad específica es muy débil:  $0.4 \text{ E}^{-6}$  a  $0.5 \text{ E}^{-6}$  mhos. En la leche, la presencia de electrolitos (cloruros, fosfatos, citratos), principalmente, y de iones coloidales, disminuye la resistencia al paso de corriente. La conductividad de la leche varía con la temperatura, normalmente se mide a 25°C y sus valores medios son de  $40 \text{ E}^{-4}$  a  $50 \text{ E}^{-4}$  mhos. El agitado de la leche disminuye la conductividad y su alteración por acidificación la eleva (Alais, 1996).

➤ **Tensión Superficial**

La presencia de sustancias orgánicas en la leche explica el descenso de su tensión superficial con relación con la del agua pura. Las sustancias tensoactivas forman una película en la superficie de los líquidos; en la leche estas sustancias se encuentran a una concentración muy superior a la que se necesita para formar la capa “saturada” de superficie. La tensión superficial de la leche a 20°C es de 50 dinas/cm, esta disminuye al aumentar la temperatura; el calentamiento por encima de 30°C provoca un descenso en la tensión superficial, aumentando así la formación de espuma y de esta manera se forma una película proteica elástica en torno al aire aprisionado, que le confiere una relativa estabilidad. Por debajo de 20° se forma una espuma de naturaleza física diferente, poco estable (Alais, 1996).

### ➤ **Calor Específico**

El calor específico se expresa como el número de calorías necesarias para elevar 1°C la temperatura de 1 g de sustancia. El calor específico de la leche es de 0.93 cal/kg °C, y al igual que en todos los productos lácteos, varía en forma directa de acuerdo con el contenido de agua (Badui, 1990).

Su valor es un poco más bajo que el del agua. El Calor específico de la leche entera o descremada varía poco de 0 a 100°C; por lo contrario, el de la crema varía mucho pues a las temperaturas de pasteurización, esta se calienta y se enfría más rápidamente que la leche (Alais, 1996).

### ➤ **Punto Crioscópico y de Ebullición**

El punto o índice crioscópico se efectúa entre los -0.55 a -0.51°C, esta propiedad se basa en la Ley de Raoult, señala que tanto el descenso crioscópico como el ascenso ebulloscópico están determinados por la concentración molecular de las sustancias disueltas. Al enfriar una solución diluida se alcanza eventualmente una temperatura en la cual el solvente sólido comienza a separarse. Dicha temperatura se conoce como punto de congelación de la solución. La leche congela a menos de 0°C ya que las sustancias disueltas disminuyen el punto de congelación del solvente. Esta propiedad en la leche varía poco y es una de las medidas más constantes de la leche (Maza & Legorreta, 2011).

Por la causa antes descrita, la leche hierve por encima de los 100°C (a nivel del mar); entre 100.5 y 100.7°C. Pero en el curso del calentamiento se producen cambios en el equilibrio de los estados: iones ↔ moléculas ↔ micelas, que influyen en el resultado (Alais, 1991).

### ➤ **pH y Acidez valorable**

La medida del pH da una información precisa del estado de frescura de la leche. Una leche fresca normal es neutra o ligeramente ácida, teniendo pH de 6.5 a 6.7 a los 20°C, más o menos como el agua pura (pH 7 a la misma temperatura). Si han actuado las bacterias lácticas, una parte de la lactosa de la leche se degrada a ácido láctico, lo que hace que aumente su concentración de iones hidronio y por tanto el pH disminuya. Si el pH de la leche es menor a 6.5 la leche es ácida, la leche que contiene compuestos con característica básica tiene un pH mayor a 7 y la del calostro es próximo a 6 (Luquet, 1991).

La acidez valorable se expresa convencionalmente como grados DORNIC ( $^{\circ}$ D),  $1^{\circ}$ D corresponde a 0.1 g de ácido láctico por litro de leche. La acidez normal de la leche se encuentra entre 15 a  $18^{\circ}$ D, este rango se debe principalmente a su contenido de caseína (0.05 – 0.08%) y de fosfatos. También contribuyen a la acidez el dióxido de carbono (0.01-0.02%), los citratos (0.01%) y la albúmina ( $<0.001\%$ ). Las leches pueden tener el mismo pH y por lo tanto la misma estabilidad en los tratamientos industriales y tener el mismo grado de “frescura”, sin embargo, presentar diferente grado de acidez y viceversa (Maza & Legorreta, 2011).

### ➤ **Color**

La leche es un líquido de color opalescente que, sin embargo, en un determinado volumen parece de color blanco, esto se debe fundamentalmente al efecto de una completa dispersión del espectro visible, provocada principalmente por los glóbulos de grasa, pero también influyen las micelas de caseína y el fosfato de calcio coloidal. Cuanto más pequeñas son estas partículas hay más área de dispersión de la luz y por consecuencia el producto se ve más blanco; por lo contrario, cuando las partículas sólidas se asocian y forman agregados, se reduce la dispersión que causa una tonalidad azulada. La homogenización tiene el efecto de romper los glóbulos grandes de grasa y producir un gran número de partículas más pequeñas que provocan la blancura de la leche tan apreciada por el consumidor. Cabe indicar que los contenidos de carotenoides y de riboflavina tienen algo de influencia sobre el color de este alimento ya que los primeros le confieren tonalidades amarillas, y verdes la segunda (Badui, 1993).

### **1.1.2. Composición Química de la Leche**

La leche de vaca está constituida por agua, grasa, proteínas, lactosa, minerales, vitaminas y otros componentes minoritarios como enzimas, urea y sustancias nitrogenadas, cuyo contenido varía en función de la región de procedencia de la leche. Así en climas fríos presenta un mayor contenido en grasa y el porcentaje de proteínas es más elevado cuando las crías presentan una alta tasa de crecimiento. A su vez la cantidad de agua presente en la leche está regulada por la cantidad de lactosa sintetizada en las células secretadoras de la glándula mamaria. En la Tabla 2 se resume la composición química media de la leche, donde aparecen los grandes grupos de

constituyentes. Es preciso observar la importancia de contenido de agua y el bajo valor del extracto seco total (EST), cuanto más elevado sea este último, mejor será la leche y su rendimiento tecnológico será mayor (Luquet, 1993).

**Tabla 2. Composición Química Media de la Leche**

<b>Componente</b>	<b>Composición (g/L)</b>	<b>Estado Físico de los Componentes</b>
AGUA	905	Agua libre + agua ligada
CARBOHIDRATOS Lactosa	49	Solución verdadera
LÍPIDOS Materia grasa Lecitina (fosfolípidos) Esteroles, caroteno, tocoferoles	34 0.5 0.5	Emulsión de los glóbulos grasos
PROTEÍNAS Caseína Globulina, albúmina Sust. Nitrogenadas no proteicas	34 27 5.5 1.5	Suspensión micelar de fosfocaseinato de Ca  Solución (coloidal)  Solución (verdadera)
SALES Del ácido cítrico Del ácido fosfórico Del ácido clorhídrico	9 2 2.6 1.7	Solución o estado coloidal (P y Ca) (Sales de K, Ca, Na, Mg, etc.)
COMPONENTES DIVERSOS Vitaminas, enzimas, pigmentos, gases disueltos	Trazas	
EXTRACTO SECO TOTAL	127	
EXTRACTO SECO DESENGRASADO	92	

Fuente: Alais, C. 1996. Ciencia de la Leche. Principios de Técnica Lechera. 10ª ed. CECSA. (México). pp. 36.

### ➤ **Proteínas**

La proteína de la leche tiene un alto valor biológico y está formada por caseínas (aproximadamente un 80%) y por las proteínas del suero (aproximadamente 20%), aunque las proporciones relativas entre estos dos tipos de proteínas pueden variar en función de la estación del año, los valores medios que se consideran típicos se muestran en la siguiente Tabla 3 (Muir, 2000).

**Tabla 3. Distribución de las Proteínas en la Leche Desnatada**

<b>Tipo de Proteína</b>	<b>%</b>
Caseínas	82.2
Proteínas del suero	
Beta-lactoglobulina	9.6
Alfa-lactoalbúmina	3.8
Albúmina	1.4
Componentes minoritarios	3.0

Fuente: Muir, 2000. Tecnología de los productos lácteos. Aspectos bioquímicos y valor nutritivo de la leche. Acribia. Zaragoza (España). pp. 366-367.

- Caseína

La caseína es un complejo de proteínas fosforadas y constituye la parte nitrogenada más característica de la leche y precipita desintegrando la estructura original de las micelas de caseína sólo cuando se acidifica la leche hasta pH 4.6 que es el punto isoeléctrico de la leche o cuando se encuentra bajo la acción de una enzima específica, por ello se le ha llamado “proteína insoluble” de la leche (Alais,1996).

La acidificación de la leche, además de ser utilizada para la elaboración de muchos productos lácteos fermentado, se utiliza también como un método de fraccionamiento proteico. La leche desnatada se acidifica con un ácido mineral y se ajustan las condiciones para obtener no un gel como en la elaboración del yogur, sino una masa dispersa de caseínas. Este precipitado se lava varias veces para eliminar los minerales y lactosa y después se deseca.

Las caseínas pueden subdividirse en cinco grandes grupos: caseínas  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ , beta, gamma y  $\kappa$ . La estructura primaria de las caseínas son de tamaño no muy grande (tamaño medio de 100 nm) y no poseen una estructura organizada, por lo que no se desnaturalizan por acción del calor. Su estructura micelar consiste en una red de caseínas  $\alpha$ , unidas por fosfato cálcico. Entre la red de caseínas  $\alpha$ , se sitúan las caseínas beta y kappa. Ambas caseínas pueden migrar desde las micelas hasta la fase acuosa durante el almacenamiento prolongado a temperaturas de refrigeración bajas y, aunque se sabe que durante el calentamiento se vuelven a reasociar en la micela, se desconoce si la estructura nativa se recupera por completo. Una gran proporción de

caseína  $\kappa$  se localiza en la superficie de las micelas proporcionando estabilidad a todo el complejo, en virtud de su carga eléctrica (Muir, 2000).

- Proteínas del Suero

Las proteínas del suero o proteínas solubles son una mezcla de holoproteínas (que no contienen más que aminoácidos) y de glicoproteínas (que contienen también glucósidos). Las más abundantes tienen las propiedades de las albúminas y de las globulinas (Alais, 1996).

Las proteínas del suero son compactas, globulares, son solubles en un intervalo de pH muy amplio (incluso a pH ácidos, siempre y cuando no se haya desnaturizado por el calor). En estado natural no se asocian con las caseínas, pero en las leches tratadas térmicamente y homogenizadas, hay una fracción que sí lo hace. Constan por lo menos de ocho fracciones diferentes entre las cuales destacan la  $\beta$ -globulina,  $\alpha$ -lactoalbúmina, las inmunoglobulinas, la albúmina bovina y las proteosas-peptonas (Badui, 1993).

Generalmente son muy sensibles a las temperaturas altas, se desnaturizan a partir de los 65°C y son menos sensibles al pH ácido debido a que su mecanismo de estabilidad es por hidratación y no por carga eléctrica; son las primeras proteínas de la leche en desnaturizarse y su calentamiento libera grupos sulfhidrilo que reducen el potencial de oxidación-reducción, que puede llegar a inhibir parcialmente las reacciones de oxidación; contienen la mayoría de los aminoácidos y tienen un mejor balance de estos que las propias caseínas, por lo que su valor nutritivo es mejor (Badui, 1993).

Las proteínas lácteas tienen un gran valor nutricional. En la Tabla 4 se presentan los perfiles de aminoácidos esenciales tanto de las caseínas como de las proteínas del suero.

**Tabla 4. Perfil de Aminoácidos Esenciales de las Proteínas de la Leche**

Aminoácido	mg de aminoácido por gramo de proteína			
	Caseínas	Proteínas del suero	Leche desnatada	<sup>a</sup> Leche entera pasteurizada
Isoleucina	54	76	58	399
Leucina	95	118	99	782
Lisina	81	113	87	450
Metionina + Cisteína	32	52	36	156*
Fenilalanina + Tirosina	111	70	103	820
Treonina	47	84	54	278
Triptófano	16	24	18	-
Valina	75	72	74	463
Total de aminoácidos esenciales	511	609	529	3348

Fuente: Muir, D. D. 2000. Tecnología de los productos lácteos. Aspectos bioquímicos y valor nutritivo de la leche. Acribia. Zaragoza (España). pp. 370.

<sup>a</sup>Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). FAO CORPORATE DOCUMENT REPOSITORY. Contenido en Aminoácidos de los Alimentos y Datos Biológicos sobre las Proteínas. Leche y Productos Lácteos. Econtrado en: <http://www.fao.org/docrep/005/AC854T/AC854T51.htm#chI.I.10> Consulta: noviembre 2014.

\* Cuantificación únicamente del aminoácido Metionina.

La leche contiene una gran cantidad de aminoácidos esenciales y sus proteínas son muy digeribles. Sin embargo, la inestabilidad de las proteínas puede disminuir como consecuencia del procesado; un calentamiento excesivo da lugar a pérdidas de lisina disponible y si la leche alcanza valores de pH superiores a 7, puede producirse la desaminación y desforilación, con consecuencias negativas sobre el valor nutritivo (Muir, 2000).

### ➤ **Lípidos**

Los lípidos se encuentran en la leche, junto con las vitaminas liposolubles, en forma de emulsión. Los ácidos grasos presentes son predominantemente saturados de cadena larga (principalmente mirístico, palmítico y esteárico), que presentan el 75% del total de ácidos grasos de la leche. Por otro lado, un 21% de los ácidos grasos son monoinsaturados, siendo el principal representante el ácido oleico, y tan sólo un 4% son poliinsaturados,

fundamentalmente en forma de ácido linoleico y linolénico. La composición concreta depende del tipo de alimentación del animal, observándose que las vacas que consumen más pastos producen leche con un mayor contenido en ácido oleico que las alimentadas con piensos convencionales (Aranceta, 2004).

El tamaño medio del glóbulo graso en la leche es de aproximadamente 3  $\mu\text{m}$  y guarda relación con el porcentaje de grasa que esta contiene; cuanto mayor es el contenido graso, mayor es el tamaño medio de los glóbulos grasos. La membrana del glóbulo graso está constituida fundamentalmente por proteínas y fosfolípidos, cuya función es la de estabilizar las partículas de grasa hidrofóbica en la fase acuosa del suero lácteo. Pero la membrana del glóbulo graso es una estructura muy delicada que resulta fácilmente lesionada por acciones físicas o por efecto del calor. Los aspectos químicos más importantes de la grasa láctea están relacionados con dos tipos de reacciones, de hidrólisis y de oxidación. La hidrólisis, es decir, la liberación de ácidos grasos, requiere la intervención de una lipasa, de forma natural la leche contiene una gran cantidad de lipoproteín-lipasa pero, los glóbulos grasos cuya membrana está intacta, resisten el ataque enzimático y además, la lipasa se inactiva rápidamente en los tratamientos de pasteurización. Los microorganismos también secretan lipasa y, en este caso, las enzimas presentan una gran estabilidad térmica. No obstante, para que se desarrolle la alteración, el número de bacterias contaminantes en la leche debe superar las tasas permitidas por la normativa y, en general, un adecuado control rutinario de la carga microbiana debería ser suficiente para evitar la alteración de la leche por las lipasas bacterianas (Muir, 2000).

La oxidación de la grasa láctea se trata principalmente de un proceso de orden químico; sin embargo, pueden intervenir algunas enzimas microbianas, como las lipooxidasas. Ambos factores son difíciles de relacionar; para el segundo no existe un sabor rancio bien definido, y para designarlo se han utilizado numerosos términos en general imprecisos como: sabor aceitoso, a cartón, metálico, seboso, etc., que corresponden, aproximadamente, a grados crecientes en la intensidad del efecto de la oxidación. Estas anomalías no se deben a una simple modificación de la grasa; está demostrado que intervienen asimismo los componentes no grasos (Alais, 1996)

La oxidación de la grasa láctea es un problema menos grave, que la hidrólisis, pero puede acortar el tiempo de conservación de la leche en polvo entera por la baja actividad de agua de esta. La oxidación es catalizada por la luz y se agrava mucho por la presencia de cantidades

traza de algunos metales como el cobre, que llegan a la leche como contaminantes (Muir, 2000).

### ➤ **Carbohidratos**

En la leche están presentes en pequeñas cantidades azúcares como la glucosa, galactosa, aminoazúcares y azúcares fosforilados. El disacárido lactosa es, junto con el agua, el principal componente de la leche, y proporciona el 25% de la energía total del alimento (Aranceta, 2004).

La lactosa es el carbohidrato más abundante presente en la leche, también se encuentran pequeñas cantidades de glucosa (7.4 mg/100 ml), galactosa (2 mg/100 ml), sacarosa y aminoazúcares derivados de la hexosamina. A pesar de que estos últimos están en concentraciones muy bajas, llegan a ejercer una influencia importante en la estabilidad de la leche, sobre todo cuando esta ha sido sometida a tratamientos térmicos intensos (Badui, 1993). Este disacárido está integrado por la condensación de una molécula de galactosa y otra de glucosa mediante un enlace glucosídico  $\beta$  (1,4); existe en dos formas isoméricas cristalinas, alfa y beta, que se diferencian por sus propiedades físicas. Ambas pueden presentarse hidratadas o anhidras; sin embargo, las más estables son la  $\alpha$  –hidratada y la  $\beta$  –anhidra. En una solución de lactosa siempre se tiende al equilibrio entre ambas formas, pero generalmente siempre hay más  $\beta$  que  $\alpha$ , ya que la primera es más soluble en agua y sus concentraciones dependen de la temperatura; a 15°C la forma  $\alpha$  de la lactosa es soluble al 7% mientras que la  $\beta$  lo es en 50%, y que la primera se produce en 38% y la segunda en 62%, con lo que se establece dicho equilibrio. La lactosa se encuentra en la leche en una concentración aproximada de 4.9% lo que está lejos de ser una solución saturada; sin embargo, en las leches evaporadas y concentradas que contienen el doble de lactosa (9.7% por eliminación de agua) o en las condensadas azucaradas se tiene sistemas muy cercanos a la saturación de este disacárido (Badui, 1993).

La lactosa es un azúcar reductor y en determinadas circunstancias, reacciona con los grupos amino libres de las proteínas. La conocida reacción de Maillard es de este tipo y el resultado final de la misma es el pardeamiento, aunado a este en las primeras etapas de la reacción se producen además importantes pérdidas en el valor nutritivo porque el aminoácido esencial lisina, reacciona con el azúcar reductor. La mayor parte de los productos lácteos recibe un

tratamiento térmico y es inevitable que se pierda parte de la lisina. En los productos que reciben un tratamiento suave, por ejemplo, en la pasteurización, las pérdidas de lisina son muy pequeñas (entre el 0 y 3%), pero en los productos lácteos esterilizados, como la leche evaporada, puede perderse más del 25% de la lisina disponible (Muir, 2000).

### ➤ **Minerales**

La leche tiene un alto contenido en calcio, su consumo aporta una fuente importante de calcio biológicamente disponible, cuya absorción se ve favorecida por la presencia de lactosa, vitamina D y una adecuada proporción calcio/fósforo (Aranceta, 2004).

La leche contiene varias sales y minerales, entre los que destacan los citratos, los cloruros, fosfatos de calcio, magnesio, sodio y potasio; estos se encuentran tanto en solución como formando parte del sistema coloidal de las caseínas. Aproximadamente 50% del fósforo total está esterificado a las fosfoserinas de las caseínas. Cabe indicar que el contenido promedio total de calcio es de 117.7 mg/100 g (equivalente a 30 mM aproximadamente) y que es superior a la concentración de saturación de una solución acuosa; esto se debe a que 69% (81.1 mg) se encuentran en forma coloidal, unidos a las caseínas mediante el fosfato correspondiente; el resto del calcio, 31% (36.6 mg) se localiza soluble en el suero (Badui, 1993).

Los valores medios del contenido en minerales de la leche se muestran en la Tabla 5. Las sales desempeñan un papel muy importante en la estabilidad térmica de todos los productos lácteos, de tal manera que si se añaden iones calcio y magnesio existe la tendencia a que el sistema proteínico se desestabilice; por lo contrario, los citratos y los fosfatos lo estabilizan (Badui, 1993).

**Tabla 5. Minerales en la Leche Entera**

<b>Mineral</b>	<b>Total (mg/100g)</b>
Calcio	119
Hierro	0.05
Magnesio	13
Fósforo	93
Potasio	151
Sodio	49
Zinc	0.38
Cobre	0.01
Manganeso	0.004
Selenio	2

Fuente: Weaver, C; Wijesinha-Bettoni, R; et al. 2013. Milk and Dairy Products in Human Nutrition. Milk and Dairy Products as Part of the Diet. FAO. Roma. pp. 107-108.

Los minerales de la leche tienen un gran valor nutritivo, la ingesta de calcio es absolutamente necesaria para el correcto desarrollo óseo de los niños y también se conoce la importancia del calcio en la prevención de la osteoporosis (Muir, 2000).

Dos tazas de leche, lo que equivale a 500 ml de esta, pueden llegar a cubrir el 100% de la ingesta diaria recomendada de calcio en niños de 4-6 años, así también como del 58-66% de fósforo, 70-99% de magnesio y 40-69% de selenio (Weaver & Wijesinha-Bettoni, 2013).

### ➤ **Vitaminas**

Las vitaminas presentes en la leche se pueden clasificar como liposolubles A, D, E e hidrosolubles C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, ácido pantoténico, niacina, biotina y ácido fólico. Las vitaminas hidrosolubles no experimentan grandes variaciones estacionales, pero algunas vitaminas liposolubles son muy dependientes de la dieta y también de la raza (Muir, 2000).

El tratamiento térmico prolongado puede disminuir el contenido en vitaminas debido a la degradación de las mismas. Las vitaminas C, B<sub>12</sub> y A resultan afectadas en distinto grado por la luz, por lo tanto, debe evitarse la exposición de la leche a la luz intensa. Las vitaminas liposolubles son relativamente estables al calor, pero las hidrosolubles B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> y ácido

fólico son más termosensibles. La esterilización UHT produce pocas pérdidas de actividad (20-30%) en comparación con las que origina la esterilización en el envase, en donde se pierde más de la mitad de la actividad vitamínica. Las pérdidas de vitamina C están muy relacionadas con la cantidad de oxígeno que contiene el producto y para impedirlos deben tomarse las precauciones necesarias para evitar la excesiva aireación de la leche en las líneas de fabricación (Aranceta, 2004; Muir, 2000). En la Tabla 6 se muestran los valores medios del contenido de vitaminas en la leche entera de vaca.

**Tabla 6. Contenido de Vitaminas en la Leche Entera**

<b>Vitaminas</b>	<b>Contenido (mg/100g)</b>	<b>Vitaminas</b>	<b>Contenido (µg/100g)</b>
Vitamina E	0.08	Retinol	35
Vitamina B <sub>1</sub> (Tiamina)	0.04	Caroteno	16
Vitamina B <sub>2</sub>	0.20	Vitamina A	37
Vitamina B <sub>6</sub>	0.04	Vitamina B <sub>12</sub>	0.51
Vitamina C	1.0	Vitamina D	0.2
Niacina	0.13	Ác. Fólico	8.5
Ác. Pantoténico	0.43	Biotina	2.0

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2013. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Milk and Dairy Products as Part of the Diet. FAO. Roma. pp. 45:46.

La leche presenta una gran cantidad de vitaminas. Así, el contenido en vitamina A es importante, tanto se encuentra en forma de retinol como de carotenos, riboflavina, cianocobalamina y niacina (en forma de equivalentes de niacina, ya que la leche contiene también un alto contenido en el aminoácido triptófano, precursor de la niacina). Además, y aunque el contenido es menor, también aporta tiamina, piridoxina y ácido fólico (Aranceta, 2004).

## 1.2. Producción de Leche a Nivel Mundial

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el 2010 se obtuvo una producción mundial de leche de 710 millones de toneladas y para el 2011 se estimó un aumento del 2% con respecto a esta cifra, siendo así 723.8 millones de toneladas de leche (FAO, 2011).

El predominio lácteo de consumo tiene una distribución específica según países o zonas geográficas dentro de un mismo país. La productividad en el sector lechero, se mide considerando el número de cabezas de ganado por el volumen de leche producido, en este sentido, México conjuntamente con India, como se observa en la Figura 2, son dos de los países con menor productividad en lo que a producción de leche se refiere (CANILEC, 2014).

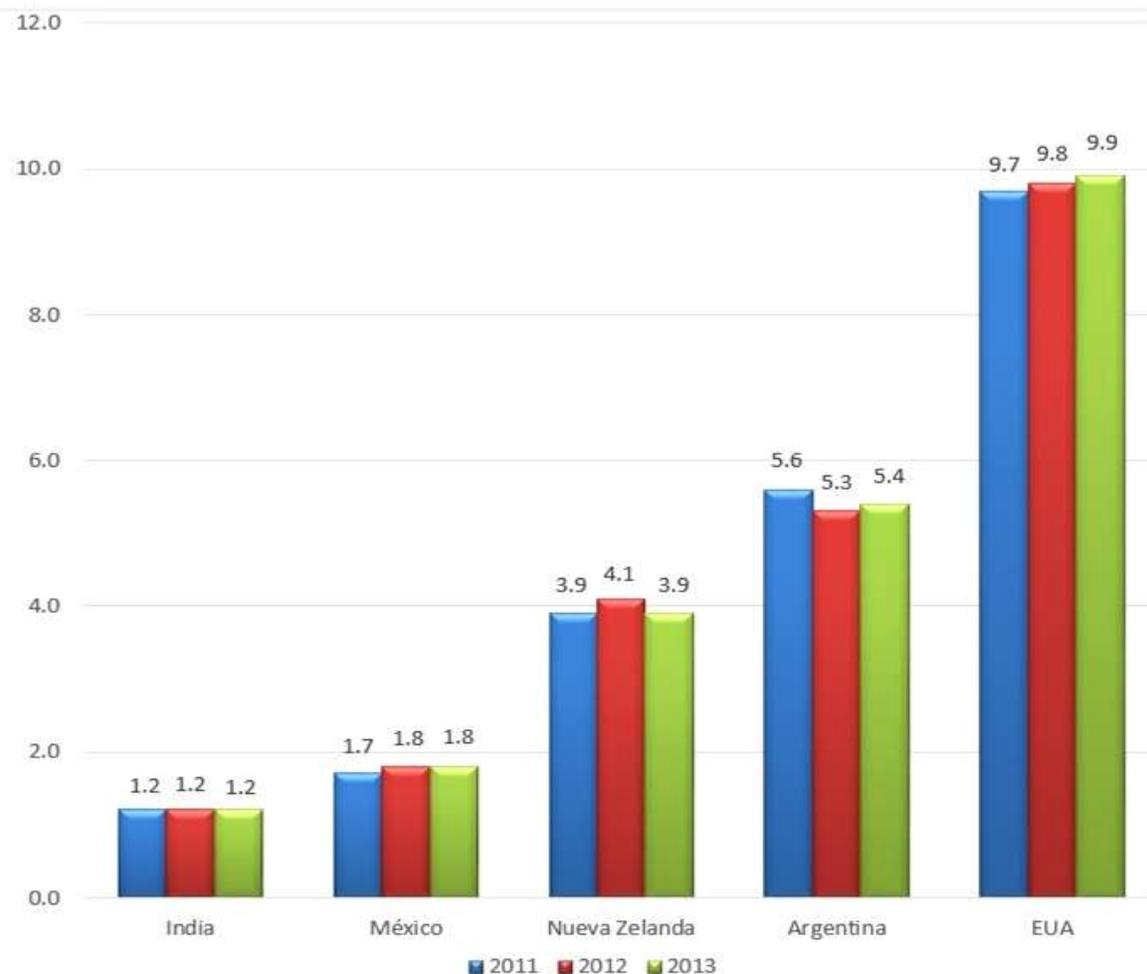


Figura 2. Productividad de Leche en el Mundo (Toneladas/Cabeza)

Fuente: CANILEC. Productividad de Leche en el Mundo. Encontrado en: [www.canilec.org.mx/productividad.html](http://www.canilec.org.mx/productividad.html) Consulta: 2014.

### 1.3. Producción Nacional de Leche

La producción de leche representa la quinta parte del valor total de la producción nacional pecuaria, siendo la tercera en importancia superando a la producción de cerdo y huevo, por lo que se deduce que esta es una actividad rentable, ya que de otra manera no se explica el importante crecimiento que se ha generado (CANILEC, 2014).

El crecimiento de la producción primaria, a pesar de ser importante y mostrar índices superiores al crecimiento de la población, no son suficientes para abastecer a una industria que ha logrado una transformación profunda, obtenida en base a calidad y desarrollo de nuevos productos, lo que ha provocado en la población un mayor consumo de productos lácteos.

Como se puede observar en la Figura 3, en el 2013 la producción nacional total de leche fue de 10,927 millones de litros, y hasta marzo del 2014 la producción nacional fue de 2,595 millones de litro de leche.



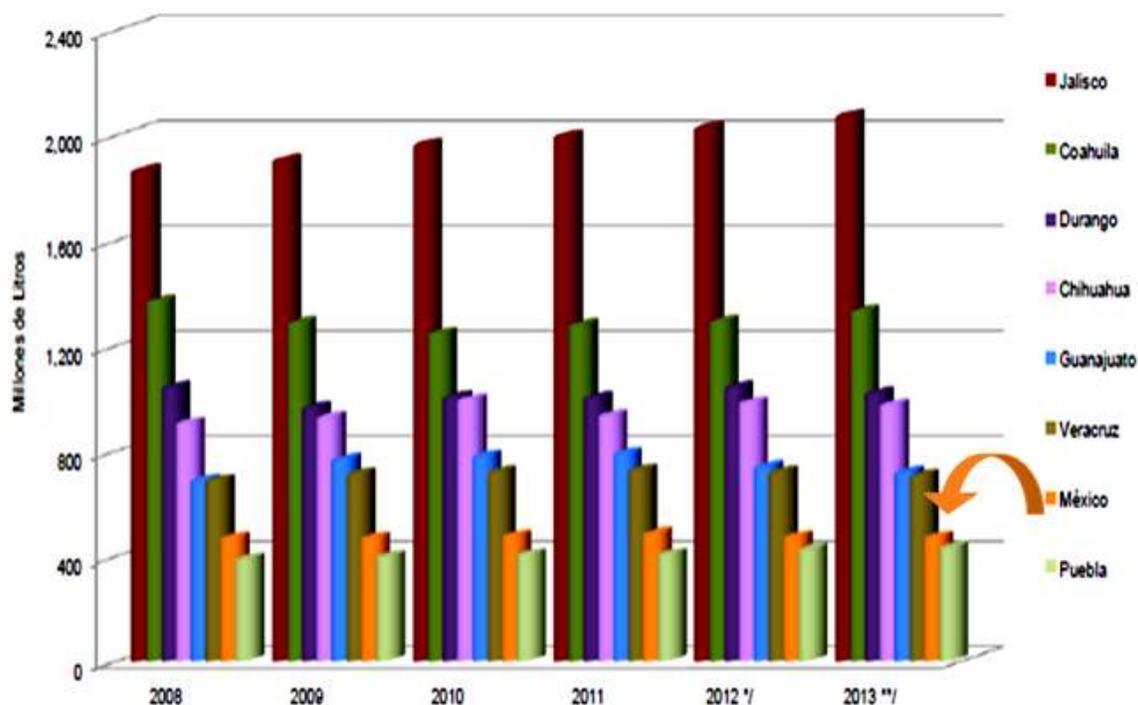
\* Año 2013 cifras preliminares

\*\* Enero a marzo

**Figura 3. Producción Nacional de Leche**

Fuente: CANILEC. Producción de Leche. Encontrado en: [www.canilec.org.mx/prod\\_leche.html](http://www.canilec.org.mx/prod_leche.html) Consulta: 2014.

En la Figura 4 se presentan los primeros 10 estados del país productores de leche de vaca, situándose en 7° lugar el Estado de México.



\*/ Cifras acumuladas al mes de diciembre.

**Figura 4. Principales Estados Productores de Leche de Vaca**

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA. Boletín de Leche octubre-diciembre de 2013. pp. 8.

#### 1.4. Disponibilidad Per cápita de la Leche en México

De acuerdo con los resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición de 1999 y la Encuesta Nacional de Salud del 2000 en la población mexicana aún prevalecen las enfermedades relacionadas con las carencias nutricias (sobre todo en la población infantil, ya que entre los menores de cinco años el 18% presenta baja estatura y el 27% tiene anemia) y por otra parte el sobrepeso, la obesidad, la hipertensión arterial, la aterosclerosis, la diabetes mellitus, el cáncer y la osteoporosis han mostrado un notable incremento en los últimos años (NOM-043-SSA2-2012).

La falta de educación en materia de nutrición en la población, la pobreza, agravada por la pérdida del poder adquisitivo, el encarecimiento de los alimentos y el contexto sociocultural, en muchas ocasiones restringe el acceso a una dieta correcta. En este mismo contexto es

importante mencionar que los programas de orientación alimentaria generan una demanda de alimentos que debe sustentarse en la producción y el abasto oportuno de los productos, así como en la factibilidad del acceso a ellos, protegiendo la soberanía alimentaria de la nación. Esto exige conocimiento y preferencia a los alimentos locales y regionales por parte del personal encargado de estas tareas

La alimentación es el conjunto de procesos biológicos, psicológicos y sociológicos relacionados con la ingestión de alimentos mediante el cual el organismo obtiene del medio los nutrimentos que necesita, así como las satisfacciones intelectuales, emocionales, estéticas y socioculturales que son indispensables para la vida humana plena (NOM-043-SSA2-2012).

Una alimentación correcta es definida como los hábitos alimentarios que de acuerdo con los conocimientos reconocidos en la materia, cumple con las necesidades específicas de las diferentes etapas de la vida, promueve en los niños y las niñas el crecimiento y el desarrollo adecuados y en los adultos permite conservar o alcanzar el peso esperado para la talla y previene el desarrollo de enfermedades. Una dieta correcta cumple con las siguientes características:

**Completa:** que contenga todos los nutrimentos. Se recomienda incluir en cada comida alimentos de los tres grupos:

1. Verduras y frutas
2. Cereales
3. Leguminosas y alimentos de origen animal

**Equilibrada:** que los nutrimentos guarden las proporciones apropiadas entre sí.

**Inocua:** que su consumo habitual no implique riesgos para la salud porque está exenta de microorganismos patógenos, toxinas y contaminantes y se consume con moderación.

**Suficiente:** que cubra las necesidades de todos los nutrimentos, de tal manera que el adulto tenga una buena nutrición y un peso saludable y en el caso de los niños, que crezcan y se desarrollen de manera correcta.

**Variada:** que incluya diferentes alimentos de cada grupo de comidas.

**Adecuada:** que esté acorde con los gustos y la cultura de quien la consume y ajustada a sus recursos económicos, sin que ello signifique que deban sacrificar sus otras características.

La inclusión de la leche a la dieta diaria es recomendada por ser fuente proveedora de calcio, zinc, vitamina B12 y D, entre otros nutrientes; además, se debe promover el consumo de derivados lácteos en niños de ocho a doce meses de edad, leche entera a aquellos mayores de un año y leche semidescremada o descremada a la población adulta (NOM-043-SSA2-2012).

Para tener una idea de la importancia que tiene la leche dentro de la dieta del mexicano es importante hacer referencia de la existencia de la Canasta Básica, que de acuerdo con la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO, 2012), la definición de la canasta básica es un conjunto de bienes y servicios indispensables para que una familia satisfaga sus necesidades básicas de consumo a partir de su ingreso. La canasta básica más conocida es la que utiliza el Banco de México, la cual mide la inflación a través del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). Para determinar el contenido final en la canasta básica, se toman en cuenta familias promedio, ingresos y encuestas. La Encuesta Ingreso-Gasto de los Hogares (ENIGH) emitida por el INEGI proporciona los gastos asociados de los hogares en 580 bienes y servicios (INPC, 2014).

La canasta básica del Banco de México está compuesta por 80 bienes y servicios que participan en proporciones diferentes en las categorías que agrupan los 315 productos que integran el INPC, tal como se observa en la Tabla 7:

**Tabla 7. Categorías que Integran a la Canasta Básica**

<b>Categorías</b>	<b>Participación en el INPC</b>
Alimentos, bebidas y tabaco	22.7%
Ropa, calzado y accesorios	5.59%
Vivienda	26.4%
Muebles, aparatos y accesorios domésticos	4.9%
Salud y cuidado personal	8.6%
Transporte	13.4%
Educación y esparcimiento	11.5%
Otros servicios	6.9%
Total	100.0%

Fuente: PROFECO, 2005. Brújula de Compra. Cómo Medir el Precio de los Básicos. Encontrado en: [www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj\\_2005/b01\\_canastabasica.asp](http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2005/b01_canastabasica.asp) Consulta: 2013.

La canasta básica tiende a actualizarse, a través de cambios en su ponderación o en la aparición o desaparición de algunos de sus componentes, dados los cambios tecnológicos, aparición de bienes y servicios, o bien un aumento del ingreso familiar y los cambios en los hábitos y preferencias de consumo de los consumidores (INPC, 2014).

La leche se encuentra dentro de los 10 primeros alimentos de consumo de la canasta básica y ocupa el tercer lugar de consumo dentro de esta. En el 2005 se estimó una disponibilidad per cápita de 117.2 litros por habitante al año. Esta disponibilidad se sustentó en la estimación del Consumo Nacional Aparente y las cifras de población humana definidas por el INEGI (SAGARPA, 2005).

Se debe orientar a la población para planificar y distribuir la dieta familiar de acuerdo a la edad, estado de salud y nutrición de las personas que la integran, considerando los recursos económicos, la disponibilidad local de alimentos, las costumbres y condiciones higiénicas (NOM-043-SSA2-2012).

#### **1.4.1. Diversificación de Productos Lácteos y Derivados Lácteos**

No es fácil encontrar materias primas de las que se obtengan tantos y tan diferentes productos como ocurre en el caso de la leche. A lo largo de la vida, la leche de origen animal (vaca, cabra, oveja, etc.) y sus derivados también pueden ser incluidos como parte de una alimentación correcta, ya que proporcionan nutrimentos indispensables de alta biodisponibilidad, no representan un riesgo para la salud pues los procesos industriales permiten su inocuidad, son accesibles, agradables a los sentidos y, gozan de una gran aceptación en la mayoría de las culturas (Maza & Legorreta, 2011).

En el Figura 32 se describen la diversificación de los productos y derivados que se pueden obtener a partir de la leche con respecto a los componentes de esta.



**Figura 5. Diversificación de los Productos y Derivados Lácteos**

Internacionalmente se reconoce que la industria láctea comercializa dos productos básicamente: la leche y los productos lácteos. Con el tiempo la industria de alimentos ha buscado adaptarse a las necesidades y exigencias de la población al diversificar la producción de la leche y sus derivados, dando por consiguiente un mercado que ofrece una enorme cantidad de productos lácteos con características particulares.

Con el fin de agrupar de una manera simple a los productos lácteos, se define como:

**Productos lácteos:** “*son el resultado de la transformación de la leche o modificación de sus componentes que se han obtenido mediante la adición o sustracción de otros componentes de la misma leche y a los que se les han añadido aditivos alimentarios y otros ingredientes diferentes a la leche o los obtenidos a partir de ella con el fin de conferir al producto final una determinada cualidad fisicoquímica o biológica*” (Moncada & Pelayo, 2011).

Los tipos de leches que se pueden encontrar con mayor frecuencia en el mercado se muestran en la Tabla 8, los cuales están clasificados de acuerdo a su contenido graso, contenido de humedad y de acuerdo al tratamiento térmico al que fue sometida la materia prima.

**Tabla 8. Tipos de Leche Frecuentemente Presentes en el Mercado y su Definición (I)**

<b>Contenido Graso</b>	
Entera	Extraída por medio del ordeño y después de ser pasteurizada puede o no someterse a estandarización agregando o extrayendo grasa (Maza & Legorreta, 2011).
Semidescremada y Descremada	Producto fabricado a partir de la reducción de grasa de la leche entera, de forma total o parcial, después se somete a un proceso estandarización, adición de vitaminas y minerales, y se ajusta el contenido graso entre 0.5-2.8% según el producto del que se trate (Maza & Legorreta, 2011).
Rehidratada	Obtenida por un proceso de deshidratación donde se le elimina el agua, posteriormente a esta se le vuelve a adicionar agua para consumo humano y es estandarizada con grasa butírica en las cantidades para que cumpla con la norma vigente (NOM-155-SCFI-2012).
Reconstituida	Elaborada a partir de leche en polvo descremada o ingredientes propios de la leche (como caseína, grasa butírica, suero de leche) y agua para consumo humano en las cantidades necesarias para ajustar el producto con las especificaciones de composición y sensoriales de la leche (NOM-155-SCFI-2012).
Deslactosada	La que es sometida a un proceso de transformación parcial de la lactosa por medio de la enzima lactasa y una vez pasteurizada, la lactosa se divide en los carbohidratos que la forman: glucosa y galactosa (Maza & Legorreta, 2011; NOM-155-SCFI-2012).
<b>Tratamiento Térmico</b>	
Pasteurizada	La que ha sido sometida al proceso de pasteurización, estandarizada o no. La leche se somete a una temperatura de 71-72°C durante 15 a 20 segundos (Badui, 1990).
Ultrapasteurizada (UHT)	Es sometida al proceso de ultrapasteurización, estandarizada o no. Las condiciones van desde 145-160°C durante 1 a 4 segundos (Badui, 1990).
Microfiltrada Ultra	Obtenida a partir de la fase de la leche descremada separada, microfiltrada y pasteurizada, y se le puede adicionar crema ultrapasteurizada (NOM-155-SCFI-2012).
<b>Contenido de Humedad</b>	
Evaporada	Obtenida mediante la eliminación parcial de agua y la adición de azúcar, se puede ajustar el contenido de grasa y/o proteína, y adicionar y/o extraer otros constituyentes lácteos cuidando la proporción entre proteína y caseína (CODEX STAN 281-1971).
Condensada azucarada	Obtenida mediante la evaporación del agua de la leche hasta alcanzar una concentración de grasa butírica y sólidos totales, se le agrega sacarosa y/o dextrosa u otro edulcorante natural (NOM-243-SSA1-2010).
Deshidratada o en Polvo	Sometida a un proceso de secado por aspersión, puede estandarizarse su contenido graso o no, puede también obtenerse a partir de leche con grasa vegetal. Para su consumo final es hidratada con agua potable (Maza & Legorreta).
Concentrada	Obtenida por la remoción parcial de agua de la leche por ultrafiltración, ósmosis inversa o por la adición de productos propios de la leche hasta alcanzar la concentración deseada para cumplir con las especificaciones de la norma (NOM-155-SCFI-2012).
<b>Saborizada</b>	
(Con sabor a... o Sabor a ...)	A la que se le incorpora saborizantes, edulcorantes y colorantes naturales o artificiales, y contiene al menos 82% de leche apta para consumo humano (NOM-155-SSA1-2012).

Hay que recordar que todo tipo de leche y producto lácteo debe estandarizarse de manera que cumpla con las especificaciones respectivas de la norma vigente.

En la Tabla 9 se mencionan los diversos tipos de leches complementadas y adaptadas encontrados en el mercado.

**Tabla 9. Tipos de Leche Frecuentemente Presentes en el Mercado (II)**

<b>Leche enriquecidas o complementadas</b>	<b>Leches adaptadas o condiciones fisiológicas especiales</b>
Con ácidos grasos omega-3	Infantiles adaptadas
Con ácidos grasos de origen vegetal	De continuación
Con antioxidantes	Sin lactosa
Con fibra	Reducida en grasa
Con vitaminas o minerales	Sin Colesterol

Fuente: Aranceta, J. 2004. Leche, lácteos y salud. Médica Panamericana. Madrid (España). Pp. 11.

Los lácteos complementados y/o adaptados, como se observa en la tabla anterior, pueden sufrir cambios en su composición para obtener un beneficio adicional y/o cumplir con las necesidades del consumidor. Así pues, se han desarrollado productos reducidos en contenido de grasa, colesterol, azúcar o aporte energético, adicionados con minerales, vitaminas y/o antioxidantes, cuyas cantidades están reglamentadas y se calculan de acuerdo a la Ingestión Diaria Recomendada ponderada para la población mexicana, existiendo además límites máximos de adición de ciertos nutrimentos, para evitar efectos adversos por una ingestión excesiva (Maza & Legorreta, 2011).

Una vez hablado sobre los diversos tipos de leche, en la Tabla 10 se muestran algunos de los productos lácteos presentes en el mercado y la definición de estos.

**Tabla 10. Tipos de Productos Lácteos Frecuentemente Presentes en el Mercado y su Definición (I)**

<b>Producto Lácteo</b>	<b>Definición</b>
Mantequilla	Obtenida a partir de la grasa ya sea de la leche o de la crema al formar una emulsión de agua en aceite que es pasteurizada y se somete a maduración, fermentación o acidificación, batido o amasado, pudiendo adicionársele sal o no (Maza & Legorreta, 2011).
Nata	Producto rico en grasas, en forma de emulsión de grasa en la leche descremada, obtenida de la separación física de la leche (CODEX STAN 288-1976).
Crema	Obtenida a partir de una fracción determinada de grasa y sólidos no grasos de la leche ya sea por reposo, centrifugación o reconstitución, sometida a pasteurización. Existen diferentes denominaciones de este producto:
<i>Extra grasa</i>	Que contiene mínimo 35% de grasa.
<i>Entera</i>	Que contiene 30% de grasa.
<i>Media crema</i>	Que contiene mínimo 20% de grasa.
<i>Light</i>	Que contiene mínimo 14% de grasa (Maza & Legorreta, 2011).
<i>Fermentada</i>	Crema obtenida por su fermentación por la acción de microorganismos adecuados, resultando una reducción del pH con o sin coagulación.
<i>Acidificada</i>	Crema obtenida por su acidificación por la acción de ácidos y/o reguladores de acidez para obtener una disminución del pH con o sin coagulación.
<i>Batida</i>	Crema fluida reconstituida o recombinada a la que se incorpora aire o gas inerte sin intervenir la emulsión de grasa en la leche descremada (Pelayo & Moncada, 2011).
Queso	Elaborado de la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada, con o sin adición de crema, obtenida por la coagulación de la caseína con cuajo, microorganismos lácticos, enzimas apropiadas, ácidos grasos comestibles, y con o sin tratamiento posterior por calentamiento. Existen variedades de quesos pudiendo por su proceso ser fresco, madurado o procesado (NOM-243-SSA1-2010).
<i>Frescos</i>	Queso con un contenido alto de humedad, por esto con una vida de anaquel corta. Su sabor es suave, la consistencia va desde entable hasta rebanable y no tiene corteza.
<i>Procesado</i>	Queso elaborado a partir de la fusión de una mezcla de quesos a la que se le agregan sales fundentes (emulsificantes), aditivos e ingredientes opcionales. Sometido a un proceso térmico confiriéndole larga vida de anaquel. Pueden ser fundidos o fundidos para untar (Maza & Legorreta, 2011).
<i>Maduro</i>	Queso elaborado mediante la adición de microorganismos en condiciones controladas para provocar los cambios bioquímicos y físicos característicos de este producto. Son de pasta dura, semidura o blanda, con o sin corteza, puede tener agujeros típicos de fermentación o vetas coloreadas de los mohos empleados para su maduración (Maza & Legorreta, 2011).
<i>De suero</i>	Queso obtenido a partir del suero de la leche entera, semidescremada o descremada pasteurizada, es coagulada por calentamiento en medio ácido para favorecer la obtención de la cuajada, la cual posteriormente se sala, drena, moldea, empaca y etiqueta para cuidar su vida de anaquel (Pelayo & Moncada, 2011).

Actualmente se producen quesos con diferentes ingredientes adicionales aceptados por las normas de nuestro país como especias, condimentos (incluyendo chiles), nueces, frutas, carne e incluso mariscos.

La Tabla 11 funciona como complemento de la tabla anterior, así que se mencionan los demás productos lácteos frecuentemente presentes en el mercado.

**Tabla 11. Tipos de Productos Lácteos Frecuentemente Presentes en el Mercado y su Definición (II)**

<b>Productos Lácteos Fermentados o Acidificados</b>	
Yogurt	Producto obtenido por medio de la fermentación de la leche por el cultivo de <i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus delbruckii</i> subespecies <i>bulgaricus</i> (Moncada & Pelayo, 2011).
Jocoque	Obtenido a partir de la fermentación de la leche mediante algún cultivo láctico inocuo modificando su acidez y separando el suero de manera parcial o total; puede contener más del 10 % de grasa (Moncada & Pelayo, 2011).
Chongos Zamoranos	Considerado como postre, se elabora agregando cuajo a la leche, una vez cuajada se transfiere a un almíbar y se cuece con canela (Moncada & Pelayo, 2011).
<b>Otros Productos Lácteos</b>	
Dulces a base de leche	Todos los productos elaborados por tratamiento térmico de la leche y edulcorantes. Pueden agregárseles aditivos alimenticios e ingredientes opcionales. Se clasifican de acuerdo a su contenido de humedad:
<i>baja</i>	Con una humedad <12%, o endurecidos, como caramelos, chiclosos y jamoncillos, entre otros.
<i>intermedia</i>	Con una humedad entre 12-20%, procesados mediante evaporación, como cajeta y glorias, entre otros.
<i>alta</i>	Con una humedad >20%, preparados por coagulación, aireación y procesos enzimáticos como gelatinas, flanes, chongos zamoranos, mouse, entre otros (NOM-243-SSA1-2010).
Helados	Producto sometido a congelación con o sin agitación de una mezcla pasteurizada compuesta por una combinación de ingredientes lácteos, puede contener grasas vegetales, frutas, huevo y sus derivados, saborizantes, edulcorantes, entre otros aditivos; cuando está empalillado se nombra paleta (NOM-243-SSA1-2010).
Sorbetes	Producto que cumple con la definición de helado, sólo que su contenido de grasa, sólidos no grasos y sólidos totales son inferiores (NOM-243-SSA1-2010).
Cajeta	Dulce de leche de cabra a la que se le agrega azúcar y saborizante (vainilla, caramelo, etc.) y para conferirle textura se le añade glucosa (Moncada & Pelayo, 2011).
Licores	Aquellos licores que contienen leche en su formulación, como:
<i>Rompope</i>	Licor cuyos ingredientes son yemas de huevo, leche, azúcar y alcohol, opcionalmente se le agrega almendra molida, vainilla y/o canela.
<i>Crema de Whisky</i>	Emulsión estable de una mezcla homogenizada de whisky irlandés, crema, café negro y azúcar (Maza & Legorreta, 2011).

En la Tabla 12 se muestran los derivados lácteos, los cuales son de uso en la Industria Alimentaria para la elaboración de otros productos, los cuales se definen como:

**Derivados lácteos:** “son los lácteos obtenidos a partir de un determinado componente de la leche mediante una transformación característica y a los que no se les añade ningún otro ingrediente o aditivo. Normalmente se usan como materia prima para la elaboración de otros productos y son componentes separados de la leche” (Moncada & Pelayo, 2011):

**Tabla 12. Derivados Lácteos y su Definición**

<b>Derivados Lácteos</b>	<b>Definición</b>
Suero	Obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, por medio coagulación de la caseína de la leche. La coagulación se lleva a cabo mediante la acción de enzimas coagulantes de origen animal, vegetal o microbiano, por la adición de ácidos orgánicos o minerales de origen alimentario, acidificación por intercambio iónico. Su uso más común en la industria alimenticia es en polvo (CODEX STAN 289-1995; NOM-243-SSA1-2010).
Suero ácido	Obtenido de la misma manera que el suero pero en esta la coagulación se produce por acidificación (CODEX STAN 289-1995).
Caseína ácida	Obtenido mediante la separación, lavado y secado del coágulo, precipitados por ácidos, de la leche descremada y/o de otros productos obtenidos de la leche (CODEX STAN 290-1995).
Caseinato	Es la caseína que se ha vuelto soluble mediante la adición de un álcali como sosa, cal, y en menor proporción la potasa y el amoníaco. El más utilizado es el sódico (Maza & Legorreta, 2011).
Grasa butírica	Producto obtenido por la separación de la grasa de la leche sin proteínas, minerales ni lactosa (Moncada & Pelayo, 2011).

Un producto lácteo acidificado es el obtenido por la reducción del pH de productos lácteos por la adición de agentes acidulantes, con o sin coagulación, el cuál debe ser sometido a tratamiento térmico u otros procesos que garantice la destrucción de microorganismos patógenos (NMX-703-COFOCALEC-2004).

Los productos lácteos fermentados son obtenidos por medio de la fermentación de la leche, que pueden haber sido elaborados a partir de productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en la composición, por medio de la acción de microorganismos adecuados y teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación (precipitación

isoeléctrica). Ciertas leches fermentadas se caracterizan por un cultivo específico utilizado para la fermentación (CODEX STAN 243-2003). Se les pueden adicionar ingredientes opcionales como edulcorantes, fruta, vegetales, cereales y saborizantes; también ha cobrado gran importancia la adición, particularmente en las leches fermentadas y yogurts, de otros nutrimentos como ácidos grasos indispensables ( $\omega$ -3), fitoesteroles, prebióticos (fibra dietética) y probióticos, los que resultan benéficos para la salud de ciertos grupos de población (Maza & Legorreta, 2011).

### **1.5. Fórmulas Infantiles**

De acuerdo a la PROFECO (2005), la leche materna es el alimento de primera elección para los lactantes sanos en los primeros seis meses de vida. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2001) recomienda la alimentación exclusiva con leche materna durante el primer semestre de vida para recién nacidos sanos a término. La lactancia materna por sí misma provee todos los nutrientes necesarios y adecuados durante los primeros seis meses de vida para el correcto desarrollo de sus tejidos, órganos y funciones, lo que supone una mejor regulación metabólica, mayor protección inmunológica y menor riesgo de sensibilidad alérgica, y condiciona una menor incidencia de enfermedades crónicas (PROFECO, 2005).

Cuando la lactancia materna no es posible o debe ser complementada, los pediatras recomiendan el uso de las fórmulas para lactantes. Estas fórmulas son especialmente fabricadas para satisfacer, por sí solo, las necesidades nutricionales de los lactantes durante los primeros meses de vida, hasta la introducción de una alimentación complementaria apropiada (CODEX STAN 72-1981). Están preparados para ser administrados directamente, o bien, deshidratados para ser reconstituidos mediante su dilución en agua.

Estas son elaboradas para ser consumidas con base en la edad y peso del bebé, para la correcta alimentación y proporción de nutrientes necesarios, clasificándose así en tres tipos de fórmulas infantiles:

- **Fórmula para lactantes:** producto elaborado a base de leche de vaca o de otros productos mamíferos u otros componentes comestibles de origen animal, incluido el pescado o vegetal, que cubre las necesidades del lactantes hasta los seis meses de edad (NOM-131-SSA1-1995; Moreno, 2006).

- **Fórmula de continuación:** producto elaborado con leche de vaca o de otros animales o con otros constituyentes de origen animal o vegetal, destinado a ser utilizado para complementar o suplir la leche materna en la dieta de ablactación para lactantes a partir del sexto mes cuando son alimentados con leche materna o a partir de los cuatro meses cuando son alimentados con fórmulas para lactantes o bien, cuando el peso del lactante sea mayor de 6 kg, así como para niños de corta edad (NOM-131-SSA1-1995).
- **Fórmula especializada:** producidas para bebés con alteraciones metabólicas o enfermedades particulares; o bien creadas especialmente para bebés prematuros o con necesidades como problemas de sensibilidad, de reflujo, de intolerancia a la lactosa, etc. (Maza & Legorreta, 2011).

### **1.6. Fórmulas para Lactantes**

Una Fórmula para lactantes es llamado al “producto elaborado a base de leche de vaca o de otros mamíferos u otros componentes comestibles de origen animal, incluido el pescado o vegetal, que se consideren adecuados para la alimentación de los lactantes” (NOM-131-SSA1-1995).

Otros nombres por la cual se le puede llamar a una fórmula para lactantes son: fórmulas adaptadas, fórmulas preparadas, fórmulas de inicio, o también se pueden encontrar denominadas con el numeral 1 impreso en su etiqueta.

En el mercado existen distintas marcas de fórmulas para lactantes que pueden variar con respecto a sus ingredientes y digestibilidad. La mayoría son elaboradas para bebés que no presentan problemas nutrimentales específicos.

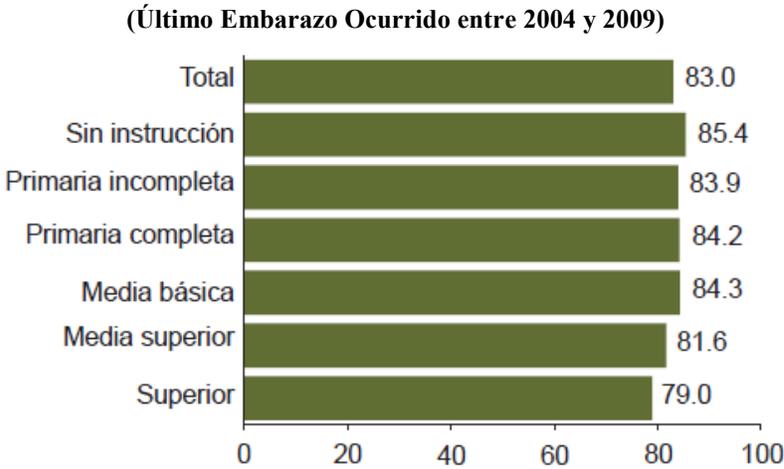
El objetivo de las fórmulas para lactantes es modificar de tal manera la composición de la leche de vaca que esta se aproxime lo más posible a la leche de la mujer en su composición, para el aporte necesario de nutrientes (Sokolow, 1982).

Este producto se elabora exclusivamente por medios físicos y se envasa de manera que se evite su alteración y contaminación en las diversas condiciones normales de manipulación, almacenamiento y distribución en el país en que se vende el producto. Deberá estar científicamente demostrada la inocuidad así como la idoneidad nutricional de las fórmulas para lactantes para favorecer el crecimiento y el desarrollo de estos. Todos los ingredientes y aditivos alimentarios utilizados deberán estar exentos de gluten (CODEX STAN 72-1981).

Para garantizar una calidad máxima en los productos a base de leche en polvo destinados a la alimentación infantil se recurre al control del laboratorio, que se realiza de acuerdo con normas establecidas. Las investigaciones de laboratorio propiamente dichas comprenden el análisis bacteriológico, químico, fisicoquímico y la valoración sensorial (Sokolow, 1982).

**1.6.1. Estadísticas de Lactantes Amamantados en México**

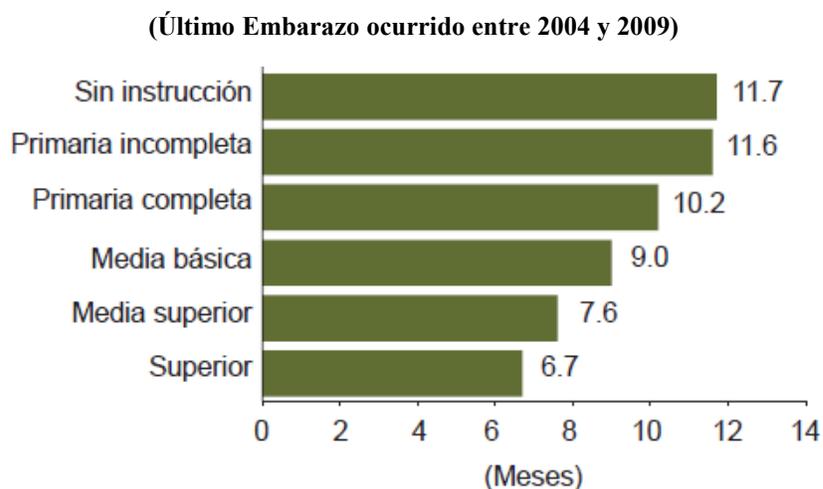
El factor por el cual se puede partir para realizar un análisis estadístico sobre la lactancia en México es el nivel de instrucción o escolaridad de la madre. En el estadístico presentado en la Figura 6 se observa la proporción de bebés que fueron amamantados, donde el porcentaje de amamantados está entre el 79 y el 85.4% de acuerdo con el INEGI (2009), la escolaridad de la madre parece no tener efecto en ello, la mayor diferencia (6.4%) se dio entre madres sin escolaridad donde el 85.4% amamantó a sus hijos, contra el 79% de madres con educación superior.



**Figura 6. Gráfica del Porcentaje de Bebés que Lactaron según el Nivel de Escolaridad de la Madre.**

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica 2009. Base de datos.

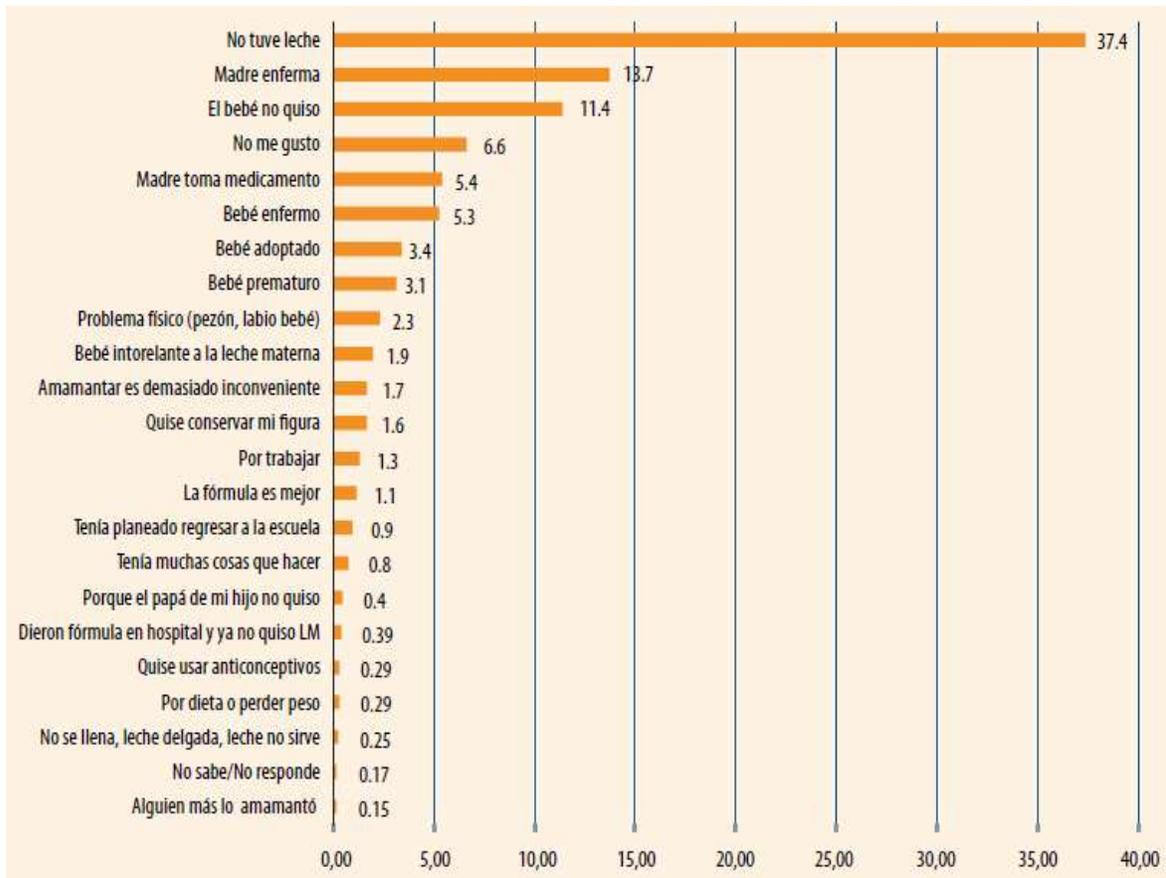
La Figura 7 muestra que conforme se incrementa el nivel de escolaridad de las madres, el promedio de meses de amamantamiento se reduce de manera importante. Las mujeres que no tienen estudios prolongan la alimentación con leche materna a casi un año (11.7 meses), en cambio las mujeres de mayor escolaridad hasta nivel licenciatura la duración media de la lactancia equivale a poco más de seis meses (6.7 meses) (INEGI, 2009).



**Figura 7. Gráfico de la Duración Media de la Lactancia Materna según el Nivel de Escolaridad de la Madre.**

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica 2009. Tabulados básicos.

De acuerdo a los resultados de la ENSANUT del 2012, la duración de la lactancia materna promedio en México es cerca de diez meses; cifra obtenida a partir de las tres encuestas de nutrición y salud de 1999, 2006 y 2012 (9.7, 10.4 y 10.2 meses respectivamente). Así también se observó que del 2006 al 2012, se efectuó un aumento del 4% en el uso de fórmulas para lactantes y la lactancia materna exclusiva es de tan solo el 14.4% en menores de seis meses (González, 2013). Esto es causado por diversas razones mostradas en la Figura 8. Las madres que nunca amamantaron a sus hijos mencionan algunas razones como falta de información o poco apoyo antes y después del parto, para iniciar y establecer la lactancia (Delgado, 2006), además de no tener leche (37.4%), enfermedades de la madre (13.7%) o que el hijo no quiso el pecho (11.4%).



**Figura 8. Motivos para Nunca Amamantar. Mujeres de 12 a 49 años madres de niños menores de 24 meses. México, ENSANUT 2012.**

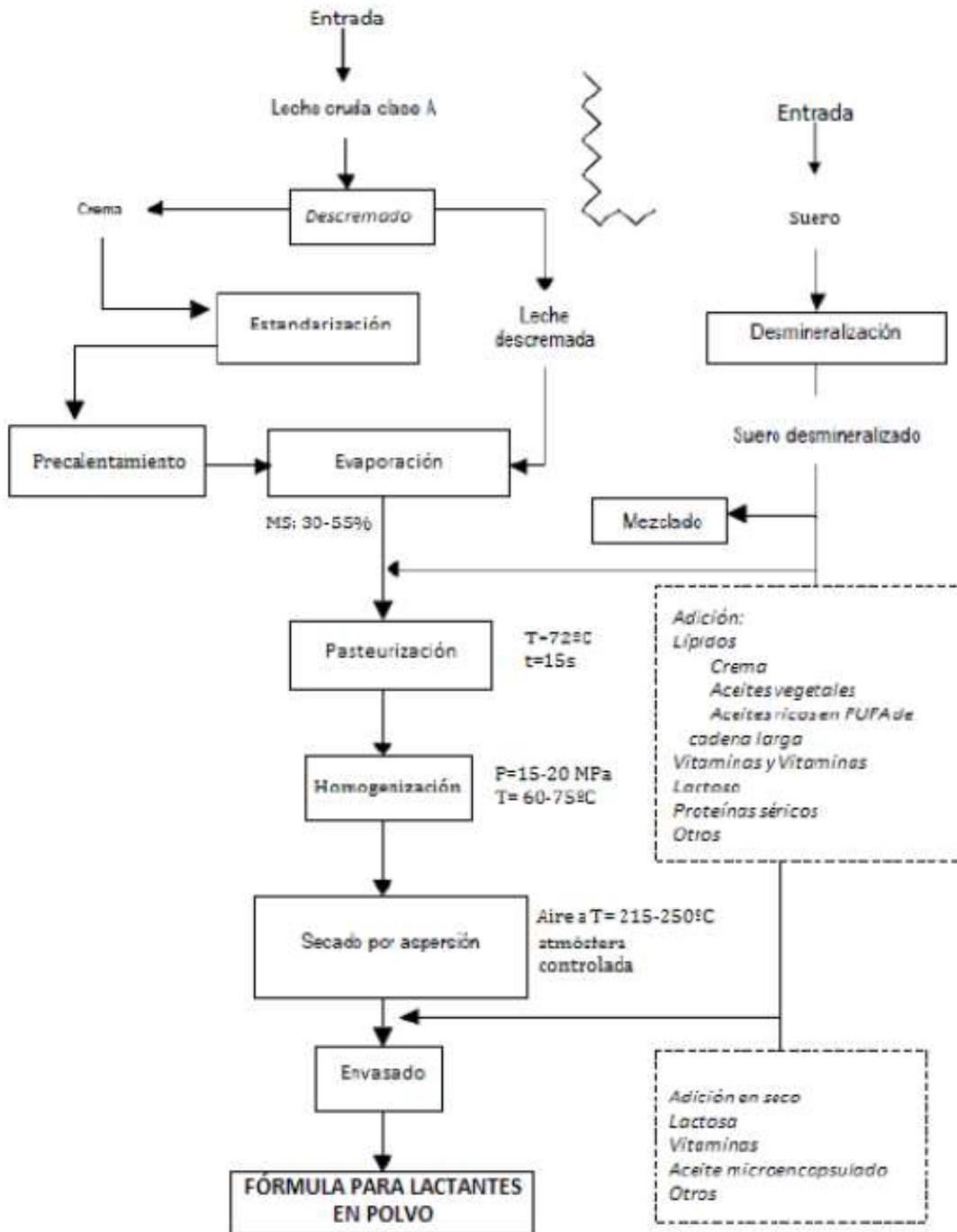
Fuente: ENSANUT 2012. Evidencia para la Política Pública en Salud.

Con lo antes mencionado, en México, la lactancia materna ya sea exclusiva en menores de seis meses o de cualquier tipo, inicia por debajo de lo que recomienda la OMS (2001). El inicio y duración de la lactancia materna son más cortos en zonas urbanas y mayores en las grandes urbes (Gonzales, 2013). Este deterioro está ocurriendo en los grupos de mayor vulnerabilidad social, siendo así de gran importancia asegurar que las fórmulas para lactantes contengan la calidad sanitaria y nutrimental necesaria.

### **1.6.2. Proceso de Obtención de las Fórmulas para Lactantes**

El proceso de producción de una fórmula de base láctea en polvo para lactante tiene dos finalidades básicas: la primera radica en aproximar la composición del preparado, tanto como sea posible, a la composición estándar de la leche humana, y la segunda en garantizar la buena conservación del producto a lo largo de su vida.

El objeto principal de la elaboración del preparado en polvo es convertir la leche cruda líquida perecedera en una fórmula que pueda conservarse durante 24 meses o más, (dependiendo de la fórmula y la legislación) sin pérdidas sustanciales de calidad mientras permanezca sellado el envase (Calderón, 2011).



**Figura 9. Diagrama de Proceso General de Elaboración de una Fórmula en Polvo para Lactantes**

MS→ Materia Seca

PUFA→ Ácidos Grasos Poliinsaturados

Fuente: Calderón. 2011. Fórmula para Lactantes. Vol. 1. Ed. CANILEC. México. pp. 120.

Contreras, J. del C. C. 2008. *Utilidad de Indicadores de Pardeamiento Químico para el Control de Ingredientes y Fórmulas Infantiles*. Tesis Doctoral. Granada. Universidad de Granada. pp.18-19.

La Figura 9 muestra el diagrama de proceso para la fabricación de una fórmula en polvo para lactantes, el cual se desarrollará a continuación:

- La materia prima utilizada debe reunir una serie de condiciones que la clasifican como clase A (<500,000 células somáticas/ml y <100,000 unidades formadoras de colonias/ml).
- Se eliminan las sustancias sólidas de la leche mediante centrifugación, en donde las materias sólidas como el precipitado de la caseína y lactosa cristalizada se eliminan y la leche se descrema. Dependiendo del fabricante, la fórmula infantil puede elaborarse con leche descremada, leche parcialmente descremada o leche entera, por lo que los procesos no son iguales.
- Se realiza una concentración (evaporación) que reduce el contenido de agua, quedando un producto con un contenido de materia sólida que puede fluctuar entre 30 y 55% de remanente sólido. Este proceso facilitará después el proceso de secado.
- Posterior a esto, se adicionan otras materias primas como lactosa, dextrinomaltosa, suero, aceites vegetales, crema, proteínas, etc. La adición de vitaminas y otros compuestos termosensibles se pueden realizar en seco, después del secado.
- Se pasteuriza el preparado a 72°C durante 15 segundos, para sí asegurar la ausencia de los microorganismos patógenos.
- Se homogeniza el producto a fin de lograr una perfecta distribución de todos los componentes de la formulación.
- Por último, la formulación se convierte en polvo, eliminando el contenido de agua mediante una torre de atomización y queda una formulación en polvo que debe fluidificarse para lograr las características deseadas del producto.

El proceso de secado en puede llevarse a cabo en cilindros calefactores o aspersión de la leche. En el primer caso, aunque es interesante por la posible reducción del gasto energético, la calidad del producto final es inferior a la obtenida por aspersión. El secado por aspersión se realiza en una corriente de aire caliente (spray), donde la mayor parte del agua que contiene la leche se evapora, obteniéndose un polvo de color blanco amarillento que conserva bien las propiedades nutricionales de la leche. Esta es la tecnología utilizada casi exclusivamente en el sector lácteo, que permite obtener productos en polvo con buena solubilidad (Calderón, 2011).

En México, existen 18 fabricantes y 40 marcas que ofrecen fórmulas infantiles para el consumo nacional. Pero Nestlé, Pfizer y Mead Johnson son las empresas que dominan el mercado con 85% de concentración de ventas totales. Pfizer cuenta con una producción de 20 millones de latas de leche al año; en tanto Mead Johnson tiene una planta con capacidad de producción es de 18 mil toneladas al año.

Se estima que México es el cuarto mercado mundial para la fórmula para bebés después de China, Estados Unidos e Indonesia. A nivel mundial, el mercado de nutrición infantil registra ventas por 30,000 mdd. En países como Colombia, Filipinas, México y Venezuela se han registrado crecimientos en promedio del 13% (González, 2014)

### **1.6.3. Normatividad en México**

En todo sistema de control alimentario es necesaria cierta legislación sectorial, con el objetivo de abordar de manera exhaustiva la mayor parte de los problemas en una ley alimentaria básica, complementada por reglamentos y normas de ejecución (FAO, 2006).

El Codex Alimentarius es el instrumento principal para la unificación de las normas alimentarias en el mundo, incluye un compendio de normas, códigos de prácticas y límites máximos de residuos de plaguicidas y medicamentos veterinarios en los alimentos, todos ellos adoptados internacionalmente. Los objetivos del Codex son proteger la salud de los consumidores, garantizar prácticas leales en el comercio de los alimentos y promover la coordinación de todas las actividades de los gobiernos nacionales que se relacionen con las normas alimentarias. Las normas, directrices y recomendaciones del Codex poseen la característica de servir como referencia para la aproximación internacional de normativas. También sirven como textos básicos para resolver diferencias comerciales. Los miembros de la Organización Mundial del Comercio (OMC) deben basar sus medidas nacionales sobre inocuidad alimentaria en normas directrices y otras recomendaciones internacionales adoptadas por el Codex en las materias en que existen estas normas. Si un país aplica estas disposiciones, se reconocerá que sus medidas son coherentes con las disposiciones del Acuerdo Mundial Sanitario y Fitosanitario (MSF); los países pueden aplicar normas más estrictas que las del Codex, siempre y cuando tengan fundamento científico. De este modo, las normas del Codex en sí mismas no son obligatorias (FAO, 2006).

De acuerdo con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el Artículo 4º hace referencia como garantía social el Derecho a la Protección de la Salud, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de febrero de 1983. Para reglamentar esto se crea la Ley General de Salud, ley publicada el 7 de febrero de 1984, la cual establece las bases y modalidades para el acceso a servicios de salud y la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general. En esta ley se establece que la Secretaría de Salud es quien dicta las Normas Oficiales Mexicanas en materia de salubridad general y verifica su cumplimiento (SSA, 1984).

El gobierno mexicano ha establecido una prioridad de primer nivel para la protección de la población contra riesgos sanitarios y, con este propósito, estableció en el 2001 la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS, 2014). La COFEPRIS es un órgano desconcentrado con autonomía administrativa, técnica y operativa, al frente de esta se encuentra un Comisionado Federal designado por el Presidente de la República, a propuesta del Secretario de Salud; siendo esta quien supervisa a la COFEPRIS (COFEPRIS, 2014). Este organismo tiene facultades en lo relacionado con la redacción de Normas Oficiales Mexicanas que conciernen a diversos productos y actividades, la evaluación de riesgos sanitarios y la aplicación de sanciones y medidas de seguridad (OCDE, 2005).

Las Normas Oficiales Mexicanas son regulaciones técnicas de carácter obligatorio; están elaboradas por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario. Regulan los productos, procesos o servicios, cuando estos puedan constituir un riesgo para las personas, animales y vegetales así como el medio ambiente en general; manteniendo un control relativo a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación en materia de control y fomento sanitario (COFEPRIS, 2014; SSA, 2014).

Regulan los productos, procesos o servicios, cuando estos puedan constituir un riesgo para las personas, animales y vegetales así como el medio ambiente en general, entre otros.

Las Normas Mexicanas (NMX) son elaboradas por un organismo nacional de normalización, o la Secretaría de Economía. Establecen los requisitos mínimos de calidad de los productos y servicios, con el objetivo de proteger y orientar a los consumidores. Su aplicación es voluntaria, con excepción de los casos en que los particulares manifiesten que sus productos,

procesos o servicios son conformes con las mismas; cuando en una NOM se requiera la observancia de una NMX para fines determinados (SE, 2014).

Para la obtención de productos inocuos y de calidad es necesaria la implementación y mantenimiento de estrictas normas de higiene y regulación. La Norma Oficial Mexicana que regula a las fórmulas para lactantes es la NOM-131-SSA1-1995\*. Esta norma establece las disposiciones y especificaciones sanitarias, nutrimentales y de etiquetado que deben cumplir: las fórmulas para lactantes, las fórmulas de continuación y los alimentos a base de cereales para lactantes y niños de corta edad; así como los métodos de prueba.

\*Norma Oficial Mexicana NOM-131-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos para lactantes y niños de corta edad. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

#### **1.6.4. Propiedades Físicas y Fisicoquímicas de las Fórmulas para Lactantes**

Las propiedades físicas y fisicoquímicas de las fórmulas para lactantes pueden evidenciar el grado de calidad de estas mismas, y también deducir si este producto se realiza bajo las condiciones de proceso adecuadas.

En la NOM-131-SSA1-1995 no están especificadas las propiedades físicas ni fisicoquímicas, por lo que los resultados se evaluarán con respecto a las especificaciones encontradas en otras normas que regularicen un producto similar a las fórmulas para lactantes.

La Tabla 13 presenta las propiedades que especifica la NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba:

**Tabla 13. Propiedades Físicas y Fisicoquímicas de la Fórmula Láctea Rehidratada Descremada**

<b>Propiedad</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Densidad a 15°C (g/ml)	1.031	-
Acidez (Expresada como ácido láctico) (g/L)	0.9	1.5

Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. Leche - Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Sección 7.3.

### 1.6.5. Características Químicas de las Fórmulas para Lactantes

El estado de nutrición y salud de los lactantes depende de la calidad de los productos que sustituyen la leche materna. A pesar de los diversos estudios realizados sobre patrones de alimentación infantil, con pocos los relativos a la calidad de los productos utilizados como sucedáneos. Debido a su impacto en la nutrición, la composición de las fórmulas infantiles de inicio ha estado estrictamente regulada (Calderón, 1996).

El Codex Alimentarius STAN 72-1981 establece que la fórmula para lactantes listo para el consumo de acuerdo con las instrucciones del fabricante deberá contener, por cada 100ml, no menos de 60kcal (250kJ) y no más de 70kcal (295kJ) de energía; y deberá contener, por cada 100kcal (100kJ) las siguientes cantidades mínimas y máximas o niveles superiores de referencia, según proceda, de los nutrientes que se especifican a continuación en la Tabla 14:

**Tabla 14. Nutrientes Especificados de acuerdo al Codex Alimentarius**

Componente	Límites g/100kcal		Límites g/100g	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Proteínas	1.8	3.0	9.9	16.5
Grasas	4.4	6.0	23.5	32.0
Carbohidratos	9.0	14.0	46.9	73.0

Fuente: CODEX STAN 72 – 1981. Norma para Preparados para Lactantes y Preparados para Uso Medicinales Especiales Destinados a los Lactantes. pp. 2-3.

En la Tabla 15 se mencionan los nutrimentos que las fórmulas para lactantes deben contener dentro de los límites mínimos y máximos, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-131-SSA1-1995, en los cuales se observa los límites son similares con los que especifica el CODEX STAN 72-1981.

**Tabla 15. Nutrientes Especificados de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana**

Componente	Límites g/100kcal		Límites g/100g	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Proteínas	1.8	4.0	9.9	22.0
Grasas	3.3	6.0	17.6	32.0

Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-131-SSA1-1995. Bienes y servicios. Alimentos para lactantes y niños de corta edad. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Secc. 5.3.1.4 y 5.3.1.6.

Debe tenerse en cuenta la calidad de las proteínas empleadas en la elaboración de estas fórmulas, ya que es muy importante satisfacer las necesidades de aminoácidos esenciales de los infantes para el buen desarrollo y crecimiento del lactante (Baez, 1993). Durante los primeros seis meses, la leche materna o la leche infantil es la principal fuente de proteínas y en el transcurso del primer año debe seguir manteniendo su importancia como fuente proteica, recomendándose ingestas de 500-700ml/día (Hernández, 2006).

La cantidad y calidad nutricional de proteína está regulada por la norma NOM-131-SSA1-1995 de la Secretaría de Salud. Los límites que establece de contenido proteico en fórmulas para lactantes de acuerdo con la fuente de proteína, tomando en cuenta que la mayoría de las fórmulas son a base de leche de vaca los límites correspondientes son de 1.8 a 4g/100Kcal. Para mejorar la calidad nutritiva de las proteínas, podrán añadirse aminoácidos indispensables únicamente en las cantidades estrictamente necesarias, de acuerdo a lo que se indica en esta norma.

En el caso de las seroproteínas, las diferencias entre la leche de vaca y materna son importantes, la leche de vaca contiene 1g por litro de  $\alpha$ -lactoalbúmina y 3.6g de  $\beta$ -lactoglobulina mientras que la leche materna tiene 2.6g de  $\alpha$ -lactoalbúmina y no contiene  $\beta$ -lactoglobulina. También se observan diferencias importantes, como son las inmunoglobulinas, los nucleótidos y algunos compuestos nitrogenados no proteicos como la creatinina, la taurina o la cisteína (Luquet, 1993).

Las grasas deben constituir el 40-55% del aporte calórico total; en los preparados para lactantes, generalmente la mayoría se obtienen a partir de aceites vegetales o mezclas de estos con grasa láctea, siempre que su composición garantice una absorción del 85%. Las grasas aportan ácidos grasos esenciales que son un vehículo para las vitaminas liposolubles y

hormonas. Las grasas animales están formadas mayoritariamente por ácidos grasos saturados, no esenciales, mientras que las grasas vegetales son ricas en ácidos grasos poliinsaturados incluyendo el ácido linoleico y el ácido linolénico que son precursores de todos los demás y por tanto se consideran esenciales. Así que se tiene que enriquecer estas leches en ácidos grasos insaturados y especialmente en ácido linoleico, lo que puede hacerse de forma sencilla aportando materias grasas de origen vegetal ricas en este ácido graso como el aceite de maíz o girasol. Si se quiere ir más lejos y obtener un espectro de ácidos grasos tan próximo como sea posible a la leche materna, será necesario recurrir a mezclas complejas de materias grasas de origen diferente así como a fracciones de algunas de ellas. El ácido linoleico debe constituir del 3 al 6% de la energía total, y la relación ácido linoleico/alfalinolénico entre 5 y 15%. Se asume que el recién nacido es capaz de sintetizar ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, principalmente ácido araquidónico (ARA) y ácido docosahexanoico (DHA), a partir de sus precursores (ácidos linoleico y alfalinolénico, respectivamente) (Sarria, 1998; Luquet, 1993; Trabazo, 2001).

Los hidratos de carbono van adquiriendo cada vez más protagonismo en la infancia a medida que la alimentación complementaria se va diversificando, debido al aumento global de las necesidades de energía. Durante los primeros seis meses de vida el niño ingiere lactosa de forma mayoritaria. La lactosa favorece la absorción de calcio, sodio y agua, genera galactosa para la mielinización cerebral (recubrimiento de las conexiones entre neuronas) y beneficia la flora y la función intestinal. La absorción de calcio con estas fórmulas es suficiente para cubrir las necesidades de calcio en recién nacidos a término. La mayoría de los alergólogos considera que en los niños con alergia a proteínas con leche de vaca debe evitarse la ingesta de lactosa. La razón principal estriba en el temor a que la lactosa pudiera estar contaminada con fracciones proteicas alergénicas; también es posible que algunos síntomas presentes en alergia a proteínas de leche de vaca puedan deberse a la intolerancia a la lactosa, como es el caso de la diarrea o de los vómitos. Estudios recientes demuestran que la lactosa que se encuentra en hidrolizados de proteínas de suero está lo suficientemente purificada como para no encontrar trazas de contaminación con proteínas lácteas y por lo tanto su uso no está contraindicado en lactantes con alergia a proteína de leche de vaca confirmada (Hernández, 2006; Ribas, 2007; Moreno 2006).

La leche de vaca es de tres a cuatro veces más rica en sales minerales que la leche materna para casi todos los iones; por ejemplo, es tres veces más rica en sodio o potasio, cuatro veces superior en calcio y hasta seis veces superior en fósforo. Por el contrario, su contenido en hierro es similar y el de cobre más bajo. Por lo tanto, la industria debe empobrecer a la leche de vaca en sales minerales y enriquecer la leche con diversos componentes que no aporten sales minerales, o lo hagan en muy poca cantidad. Al momento de aportar proteínas solubles del lactosuero habrá que tomar una serie de medidas especiales puesto que este producto tiene muchos minerales y deberá desmineralizarse previamente, o bien separar las proteínas por ultrafiltración. Una vez disminuida la concentración global de sales minerales, habrá que hacer una serie de correcciones con algunos cationes, en particular con el hierro y el cobre, cuya concentración es muy baja (Luquet, 1993).

El aporte vitamínico de la leche de vaca es algo diferente al de la leche humana. Las vitaminas A, E, C y PP (vitamina B3 o niacina) son más abundantes en la leche materna que en la de vaca mientras que con las vitaminas D, K y las del grupo B la situación es la inversa. Además, deben tenerse en cuenta las pérdidas de estas vitaminas durante el proceso de transformación industrial así que hay que llevar una vigilancia analítica adecuada. Las vitaminas liposolubles se incorporan evidentemente a la fase grasa y las vitaminas hidrosolubles a la fase acuosa (Luquet, 1993).

#### **1.6.6. Relación Caseína/Seroproteínas en Fórmulas Lácteas**

Las fórmulas para lactantes comenzaron a producirse industrialmente desde los años cincuenta, y a medida que han avanzado las investigaciones dentro de este campo, se ha ido conociendo mejor las necesidades nutricionales del lactante, añadiendo nuevos ingredientes funcionales, modificando así la composición de fórmulas infantiles con el objetivo de hacerlas más semejantes a la leche materna aunque ha habido un interés creciente en disminuir el contenido proteico de las fórmulas infantiles debido al desarrollo de la obesidad infantil en estos últimos años (Moreno, 2006).

Las proteínas corporales se encuentran distribuidas en todos los tejidos, pero cuantitativamente están presentes principalmente en el tejido muscular (43% de total de las proteínas corporales) y en los huesos (25% del total de las proteínas son colágeno), hallándose así mismo en cantidades significativas en otras zonas, como en el tracto gastrointestinal. Los requerimientos

de proteínas de los lactantes puede definirse como la ingesta mínima que permite mantener el equilibrio nitrogenado con una composición corporal adecuada en su estado de equilibrio energético y actividad física moderada, más las necesidades asociadas a la acumulación en los tejidos consistentes con un buen estado de salud (Hernández, 2006). El Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INNSZ, 1997), especifica que la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) de proteína para infantes de 0 a 5 meses de edad es de 13g/L.

El contenido proteico de la leche materna sufre una serie de cambios acorde a las necesidades del desarrollo del niño. El índice de proteínas séricas/caseína es elevado (90/10) al inicio y desciende rápidamente durante el curso de la lactancia a 60/40 en la leche madura y 50/50 al final de la lactancia (Trabazo, 2001).

Para compensar la menor digestibilidad de las proteínas contenidas en las fórmulas infantiles, el contenido proteico mínimo de una fórmula de inicio debe ser 1,8 g/100kcal o, lo que es lo mismo, 12g/L en una fórmula que proporcione 670kcal/L. Estas cifras son válidas cuando la calidad de la proteína sea igual o superior al 70% de la caseína, valorada como razón de eficiencia proteica. Si la calidad de la proteína es inferior, debe aumentarse el contenido proteico total (Moreno, 2006).

La calidad de un sucedáneo de la leche materna estará en función de la similitud de sus proteínas con las de la leche humana. Así las fórmulas a base de leche de vaca se les adicionan suero a fin de que la elevada proporción de caseína que presentan disminuya a cantidades semejantes a las de la leche humana (Calderón, 1996).

Se ha establecido un valor máximo de contenido proteico, en razón de la capacidad disminuida del lactante para la concentración renal y por la limitación en el metabolismo de los aminoácidos. Para conseguir un aporte de aminoácidos similar al de la leche materna se sugiere en las fórmulas una relación caseína/seroproteínas de 40/60 (Moreno, 2001).

El componente proteico se obtiene a partir de leche desnatada y caseína hidrolizada. La caseína contiene principalmente aminoácidos, y las proteínas del suero tienen un contenido superior de factores del crecimiento y proteínas inmunoprotectoras. La caseína bovina es mayoritaria de  $\beta$ -caseína mientras que en la caseína humana predomina la  $\alpha$ -caseína. Esto afecta al tiempo de tránsito intestinal y al vaciado gástrico del infante, por lo que es de esperar que este hecho tenga ciertas repercusiones fisiológicas, incluyendo las derivadas del papel de la caseína en la absorción de minerales y la inmunorregulación (Sarria, 1998).

Las proteínas de suero lácteo se utilizan ampliamente como una fuente de proteínas de alta calidad y de péptidos activos en alimentos saludables. Los fabricantes de fórmulas para lactantes están agregando de manera significativa las proteínas de suero lácteo a las fórmulas infantiles a base leche de vaca para unir la alta concentración de suero láctate en la leche humana y a las fórmulas para niños con necesidades especiales incluyendo nerviosismo, cólicos y alergias a la proteína de la leche de vaca (Lloyd, 2008).

La caseína y las seroproteínas están conformadas por grupos de varias proteínas las cuales se muestran en la Tabla 16, así también como su cuantificación media.

**Tabla 16. Principales Sustancias Nitrogenadas de la Leche de Vaca**

	<b>Proporciones</b>		
	<b>*Relativas</b>		<b>gr/L</b>
<b>Proteínas totales</b>	<b>100</b>		<b>32</b>
<b>Caseína entera</b>	<b>78</b>	100	<b>25</b>
Caseína $\alpha$	31.2	40	10.0
Caseína $\beta$	23.4	30	7.5
Caseína $\kappa$	11.7	15	3.8
Diversos	11.7	15	3.7
<b>Proteínas del suero</b>	<b>17</b>	100	<b>5.4</b>
$\beta$ -lactoglobulina	8.5	50	2.70
$\alpha$ -lactoalbúmina	3.74	22	1.20
Globulinas (inmunes)	2.04	12	0.65
Sero-albúmina	0.85	5	0.25
Proteosas-peptonas	1.7	10	0.60
<b>Sustancias nitrogenadas no proteicas</b>	<b>5</b>		<b>1.6</b>

\* Las proporciones relativas de estas diversas sustancias son características de cada especie de mamíferos.

Fuente: Alais, 1996. Ciencia de la Leche. Principios de Técnica Lechera. 10ª ed. CECSA. México. pp. 90.

Se ve claramente que la leche de vaca es muy rica en proteínas, especialmente en caseínas, y que contiene poco nitrógeno no proteico. Analizando la fracción proteica, el reparto de los aminoácidos es diferente. El contenido de histidina, isoleucina, leucina, treonina, triptófano y valina es similar o sólo ligeramente diferente en la leche de vaca y en la materna; por el contrario, el de lisina, metionina, fenilalanina y tiroxina es superior y el de cisteína inferior en la leche de vaca. Además, la secuencia de los aminoácidos en las cadenas proteicas no es la misma en los dos casos (Luquet, 1993).

#### **1.6.7. Especificaciones Sanitarias en Fórmulas para Lactantes**

El elaborar productos lácteos bajo las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) es esencial, debe marcarse como objetivo principal para garantizar que el producto no supone ningún riesgo para la salud del consumidor (intoxicaciones alimentarias) y que no se alterará durante el periodo de conservación previsto en las condiciones adecuadas de distribución y venta. Es decir, que toda la unidad de producción estará diseñada y mantenida, y funcionará en las condiciones higiénicas para minimizar las posibles contaminaciones y permitir la fácil limpieza y desinfección de los equipos y de la planta de fabricación. Además, hay que tener en cuenta la posibilidad de contaminación de los alimentos a través de los operarios, bien como consecuencia de una escasa higiene personal, o debido a una falta de conocimiento y disciplina en la forma de llevar a cabo su trabajo (Early, 2000).

El proceso de establecer los riesgos, junto con la aplicación de los sistemas de Análisis de Riesgos Y Control de Puntos Críticos (HACCP, por sus siglas en inglés) es objeto de una exigencia cada vez mayor en las normas y buenas prácticas de fabricación y han adquirido una gran importancia a nivel nacional e internacional en el contexto general de las Medidas Sanitarias y Fitosanitarias decretadas por la OMS. Evidentemente, la industria alimentaria, incluyendo la láctea, está obligada a responder a las nuevas normativas y a cumplir estrictamente las normas higiénicas (Early, 2000).

Es importante considerar que si la leche, materia prima fundamental para la elaboración de productos lácteos, cumple las especificaciones, seguramente los productos podrán cumplir con las características propias para cada uno de ellos. Con el fin de informar y promover los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene que deben observarse al elaborar un

producto lácteo, la autoridad sanitaria mexicana ha desarrollado documentos que establecen directrices que fomentan el aseguramiento de su inocuidad (Moncada & Pelayo, 2011).

Las bacterias presentes en este tipo de productos son microorganismos termorresistentes de la leche cruda, y resultan de una recontaminación posterior a la pasteurización y al secado por aspersión.

En la Tabla 17 se nombran los microorganismos que se cuantifican en las fórmulas para lactantes con respecto a la normatividad:

**Tabla 17. Especificaciones Sanitarias para Fórmulas para Lactantes**

<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO</b>
Mesófilos aerobios	2500 UFC/g
<i>Salmonella spp.</i> en 25 g	Ausente
<i>Staphylococcus aureus</i>	Negativo
<i>Escherichia coli</i>	Negativo
Coliformes totales	20 UFC/g

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-131-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos para lactantes y niños de corta edad. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Secc. 5.2.1.1.

La evaluación de presencia de Mesófilos aerobios sirve para evaluar la eliminación de bacterias aerobias presentes en la leche, y que crecen a una misma temperatura. Después de un tratamiento térmico estas bacterias disminuyen considerablemente (Moncada & Pelayo, 2011). El principal riesgo es que el producto se contamine con Salmonelas, que son capaces de sobrevivir durante mucho tiempo en la leche en polvo y, en determinadas condiciones de uso, desarrollarse después de la reconstitución del producto. La contaminación de la leche concentrada en el tanque intermedio que alimenta el desecador puede efectuarse si las condiciones del recalentamiento previo a la deshidratación no son suficientes para la destrucción de *Salmonella spp.* y otros patógenos; este polvo, contaminado por Salmonelas ambientales llega hasta el producto a través de hendiduras, rajaduras, etc., situadas en la pared interna de la cámara. Causante de salmonelosis y fiebre tifoidea. Debido a los avances tecnológicos y a la concientización sobre su prevención de quienes industrializan los

alimentos, su presencia es eventual, por lo que este análisis se efectúa sólo en casos de sospecha (Early, 2000; Moncada & Pelayo, 2011).

La causa más frecuente de intoxicación por consumo de leche en polvo había sido siempre *Staphylococcus aureus*. En casi todas estas intoxicaciones, el origen de la contaminación ha sido la acumulación de pequeñas partículas de polvo (finos) y la formación de depósitos del producto en polvo en los equipos. Una segunda fuente importante de riesgo es el uso de aire contaminado en las fases secundarias de secado, durante el transporte de la leche a los sitios o en el transcurso de las operaciones de llenado y cierre de los envases, o si en la planta hay un excesivo desarrollo de *Staphylococcus aureus* pues la toxina estafilocócica que produce es muy termoresistente y permanece activa en el producto final (Early, 2000).

La *Escherichia coli* es una bacteria que se encuentra comúnmente en el tracto gastrointestinal de los seres humanos y animales. Debido a su alta prevalencia en el intestino, se utiliza como indicador para detectar y medir la contaminación fecal en la evaluación de seguridad de alimentos y agua. Su contaminación más frecuente es en los productos lácteos no pasteurizados y la contaminación en alimentos procesados puede ser al momento de la manipulación y almacenamiento poco higiénico de los alimentos y el manejo de agua contaminada. Los factores que contribuyen a la persistencia de *E. coli* en los sistemas alimentarios incluyen un control inadecuado de los parámetros de procesamiento (por ejemplo, la temperatura de cocción, valor de pH, la actividad del agua y el almacenamiento a temperaturas cálidas durante el tiempo suficiente para permitir el crecimiento). Las bacterias pueden continuar creciendo en los alimentos, a menos que se controlen los parámetros antes mencionados así también como la temperatura y tiempo del proceso. Sólo unas pocas células bacterianas sobrevivientes en los alimentos pueden ser suficientes para causar enfermedad (FAO, 2014).

Se entiende como Coliformes todos los representantes de la familia Enterobacteriaceae, las cuales desdoblan la lactosa produciendo ácido y gas. El grupo coliforme se encuentra formada por los siguientes géneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*. Son indicadores de falta de higiene en la rutina de ordeño. El número de unidades formadoras de colonias de las bacterias Coliformes establece la calidad sanitaria del producto. Considerando que este género de bacterias se encuentra normalmente en el medio ambiente, se acepta una cierta cantidad de estas en la leche, ya que la cantidad de bacterias de este tipo tiende a

disminuir, no aumenta a bajas temperaturas y se elimina durante el tratamiento térmico (Moncada & Pelayo, 2011; Herr, 2007).

## 2. JUSTIFICACIÓN

En los primeros meses de vida el lactante depende para su alimentación de un único alimento que debe necesariamente cubrir todos sus requerimientos, este debe ser un alimento cuidadosamente diseñado para tal propósito (Ronayne, 1995).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1989) señala que la lactancia materna exclusiva es la alimentación ideal desde el nacimiento hasta los seis meses de edad en el recién nacido a término sano. Las fórmulas infantiles han tomado un lugar fundamental cuando una madre no puede amamantar al recién nacido, siendo así la mejor alternativa como fuente de alimentación. El aporte proteico en la lactancia varía en función de la duración de la lactancia, ya que cambia la relación entre caseína y seroproteínas, de 20/80 en el calostro a 40/60 en la leche madura. Una fórmula con un contenido proteico menor es válida siempre y cuando se garantice que el contenido de cada aminoácido no es inferior al precisado, cuando se use como referencia la leche materna (Moreno, 2006).

El período neonatal es uno de los más vulnerables de la vida, particularmente con respecto a la nutrición. El recién nacido pasa por etapas de desarrollo y maduración muy rápidas, lo que resulta en una elevada demanda de nutrientes específicos. Ello implica que las necesidades nutricionales son críticas, ya que ciertas deficiencias pueden ocasionar efectos prolongados e incluso irreversibles en el crecimiento y desarrollo del niño y aún en la fisiología del adulto (Hambreus, 1977).

En base a lo anterior se propuso realizar el presente estudio para comparar la calidad presente en siete marcas diferentes de fórmulas para lactantes de la Ciudad de México; partiendo de un análisis fisicoquímico, un análisis químico proximal, un análisis microbiológico y finalmente la cuantificación de la relación caseína/seroproteínas.

### 3. OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio se muestran en la Figura 10.

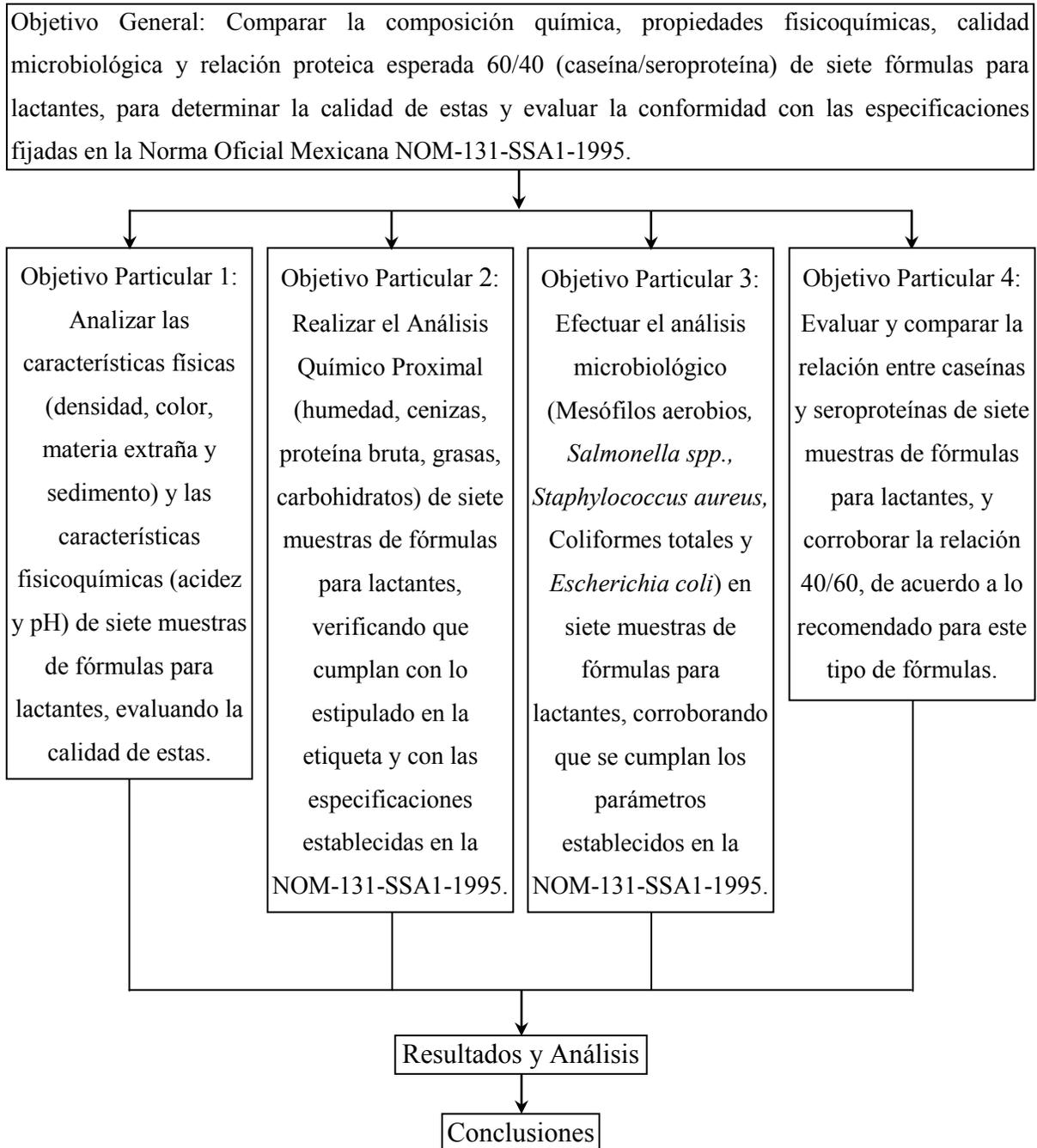


Figura 10. Cuadro Metodológico

#### 4. DESARROLLO METODOLÓGICO

El lote de cada una de las fórmulas lácteas a estudiar se seleccionó al azar en un establecimiento comercial del Estado de México. Se tomaron aquellas marcas que fueran fórmulas para lactantes a término, enriquecidas con hierro y cuidando que no se eligieran aquellas fórmulas especializadas, las cuales están exentas de algún componente.

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Para el análisis estadístico se utilizó un ANOVA de una vía ya que sólo se está realizando el estudio por cada propiedad física, fisicoquímica y por cada componente de las fórmulas para lactantes, es decir la comparación es por un sólo factor (la densidad, la acidez, el % de proteína, etc.) con múltiples niveles (que corresponde a las siete marcas diferentes de fórmulas para lactantes) y las observaciones son realizadas para cada nivel. El intervalo de confianza trabajado es del 95%, por lo que el valor de alfa es de 0.05 que es el complemento porcentual de confianza. Este análisis estadístico se realizó utilizando el programa Minitab 15, en el cual se pudieron obtener las gráficas de caja y de dispersión de cada propiedad física, fisicoquímica, de cada uno de los nutrientes presentes en el producto y así también de la proporción de caseína/seroproteína contenida en cada una de las fórmulas para lactantes.

##### 4.1. Análisis Fisicoquímico de las Formulas para Lactantes

En la Tabla 18 se menciona el método y la referencia para el análisis de las propiedades fisicoquímicas antes mencionadas. La determinación de estas propiedades permite evaluar la calidad del polvo, a través del cuidado que se tuvo en el proceso de secado por aspersion y las condiciones estándar de envasado del producto.

Tabla 18. Metodología para el Análisis Fisicoquímico de las Fórmulas para Lactantes

Característica	Método	Referencia
Color	Colorímetro Minolta CT 310,	-
Densidad (Hidratada)	Lactodensímetro	NMX-F-424-S-1982
Densidad compactada	Principio de Arquímedes	-
Part. Quemadas	Filtración	NMX-F-204-1986
Sedimento	Índice de insolubilidad	NMX-F-183-1986
pH	Potenciómetro	-
Acidez	Titulación alcalimétrica	NOM-155-SCFI-2012.

Para la determinación de densidad de la fórmula hidratada, partículas quemadas, sedimento, pH y acidez se necesitaron analizar la fórmulas en polvo solubilizadas, estas muestras fueron preparadas de acuerdo a las instrucciones especificadas en la etiqueta, donde se disolvió una toma o cucharilla medidora (4.4 g de leche en polvo) en 30 ml de agua potable.

Utilizando la referencia anterior, se pudo determinar la densidad hidratada de las fórmulas para lactantes, donde se hizo la relación de las cantidades de fórmula en polvo y agua potable para obtener 220 ml de fórmula para lactante hidratada.

Para la determinación de la densidad compactada se utilizaron tubos para centrífuga graduados, en los cuales se vertió un líquido en el cual no fuera soluble la fórmula en polvo como aceite de canola. Se añadieron cuidadosamente 15 ml de aceite de canola a una temperatura de 25°C y enseguida se vertieron 3g de fórmula para lactante. Los tubos se colocaron en la centrífuga a 2500 rpm durante 10 minutos, después se observaron los ml de aceite desplazados y se hizo la relación para obtener la cantidad de fórmula en polvo que ocupa 1 ml del aceite.

#### 4.2. Análisis Químico Proximal de las Fórmulas para Lactantes

La Tabla 19 muestra los métodos y referencias para cada una de los análisis de los componentes de las fórmulas para lactantes. Estos análisis permiten cuantificar de forma aproximada los grupos de nutrientes que constituyen un alimento.

**Tabla 19. Metodología para el AQP de las Fórmulas para Lactantes**

<b>Componente</b>	<b>Método</b>	<b>Referencia</b>
Humedad	Estufa 70°C, 5h	NOM-243-SSA1-2010 Secc. B.19
Cenizas	Método general 500-550°C	AOAC, 17ª ed. Met. 930.30
Proteína	Micro-kjeldahl	NOM-155-SCFI-2012 Secc. 8.5
Grasas	Soxhlet	NOM-086-SSA1-1994 Secc. C 1.1
Carbohidratos	Lane y Eynon	NOM-155-SCFI-2012 Secc. 8.10

### 4.3. Análisis Microbiológico en las Fórmulas para Lactantes

En la Tabla 20 se presenta la técnica usada para la determinación de cada uno de los microorganismos. Estos conteos tienen el fin de verificar la calidad de estas fórmulas para lactantes, y así evaluar su inocuidad al ser el alimento alternativo en recién nacidos a término descartando y/o determinando la presencia de los microorganismos y verificando si se encuentran en el límite que la NOM-131-SSA1-1995 establece.

**Tabla 20. Metodología para el Conteo Microbiológico en las Fórmulas para Lactantes**

<b>Bacteria</b>	<b>Técnica</b>	<b>Referencia</b>
Mesófilos aerobios	Conteo en Placa	NOM-243-SSA1-2010 Secc. B.16
<i>Salmonella spp.</i>	Serología de Enriquecimiento	NOM-243-SSA1-2010 Secc. B.12
<i>Staphylococcus aureus</i>	Extensión en Superficie	NOM-243-SSA1-2010 Secc. B.11
Coliformes totales	Conteo en Placa	NOM-243-SSA1-2010 Secc. B.10
<i>Escherichia coli</i>	Número Más Probable	NOM-243-SSA1-2010 Secc. B.18

### 4.4. Cuantificación de Proteínas en las Fórmulas para Lactantes

En la Tabla 21 se menciona el método por el cual se llevó a cabo la cuantificación de caseína, para obtener así la relación de caseína/seroproteínas. Una vez realizada la cuantificación de caseína, se efectuó la diferencia de este dato con el contenido de proteína obtenido experimentalmente (de cada fórmula láctea correspondiente) para así obtener la fracción de seroproteínas.

Esta cuantificación se realiza para evaluar si esta relación de caseína/seroproteínas son las más cercanas a la relación encontrada en la leche materna madura y así asegurar la calidad nutritiva que estas fórmulas para lactantes aportan.

**Tabla 21. Metodología para la Cuantificación de la Relación CAS/SP de las Fórmulas para Lactantes**

<b>Proteína</b>	<b>Método</b>	<b>Referencia</b>
Caseína	Precipitación con ácido acético/Micro-kjeldahl	NOM-155-SCFI-2012. Secc. 8.2

## **5. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

A continuación de la Tabla 22 a la 26 se muestran los resultados de las propiedades físicas y fisicoquímicas, análisis químico proximal, pruebas microbiológicas y la cuantificación de la relación de caseína/seroproteínas; más adelante se presenta el tratado estadístico y análisis de resultados.

### **Resultados Propiedades Físicas y Fisicoquímicas**

El objetivo particular 1 fue cubierto satisfactoriamente con los resultados obtenidos mostrados a continuación.

La Tabla 22 contiene los resultados de las propiedades físicas y fisicoquímicas de las siete fórmulas para lactantes, se muestran las medidas de dispersión (media, desviación estándar y coeficiente de variación) ya que las muestras se realizaron por triplicado. En las propiedades como sedimento y pH estas medidas no se muestran ya que no hubo dispersión entre los triplicados en las muestras de fórmulas analizadas; y en el caso de la presencia de partículas quemadas, el reporte se efectúa cualitativamente de acuerdo a la forma que se debe reportar como lo indica la NMX-F-204-1986.

Tabla 22. Resultados del Análisis de Propiedades Físicas y Fisicoquímicas

FÓRMULA P/LACTANTES	MEDIDAS DISPERSIÓN	PROPIEDAD					
		Densidad (H) @15°C [g/ml]	Densidad (Dh) [g/ml]	Partículas Quemadas	Sedimento [ml]	pH	Acidez [% ác. láctico]
1	X	1.030	7.5	B	0.1	6.63	0.3
	S	0.00	0.0				0.0
	C.V.	0.00	0.0				0.0
2	X	1.031	7.5	A	0.1	6.62	0.3
	S	0.00	0.0				0.0
	C.V.	0.00	0.0				0.1
3	X	1.023	6.2	A	0.1	6.82	0.3
	S	0.00	0.4				0.0
	C.V.	0.00	0.1				0.1
4	X	1.021	7.5	A	0.1	7.09	0.2
	S	0.00	0.0				0.0
	C.V.	0.00	0.0				0.1
5	X	1.034	6.4	B	0.1	7.09	0.3
	S	0.00	0.4				0.1
	C.V.	0.00	0.1				0.2
6	X	1.028	6.7	B	0.1	7.04	0.3
	S	0.00	0.7				0.0
	C.V.	0.00	0.1				0.0
7	X	1.028	10.8	A	0.1	6.70	0.4
	S	0.00	1.2				0.0
	C.V.	0.00	0.1				0.0

La manera en la que se reportan las partículas quemadas presentes en las muestras analizadas corresponden a:

A → 7.5mg de partículas quemadas en 25g de muestra.

B → 15mg de partículas quemadas en 25g de muestra.

Con la Tabla 23 se completan las propiedades físicas determinadas, donde se presentan los valores de cada uno de los parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) que conforman la escala CIE y las medidas de dispersión correspondientes de las siete muestras analizadas.

Tabla 23. Resultados del Análisis de Propiedades Físicas (Color)

FÓRMULA P/LACTANTES	PROPIEDAD			
	MEDIDAS DISPERSIÓN	Color (escalas CIE)		
		L*	a*	b*
1	$\chi$	<b>90.20</b>	<b>-2.6</b>	<b>18.2</b>
	S	0.2	0.0	0.0
	C.V.	0.0	0.0	0.0
2	$\chi$	<b>88.60</b>	<b>-3.3</b>	<b>17.3</b>
	S	0.0	0.0	0.1
	C.V.	0.0	0.0	0.0
3	$\chi$	<b>88.60</b>	<b>-3.5</b>	<b>18.2</b>
	S	0.0	0.0	0.1
	C.V.	0.0	0.0	0.0
4	$\chi$	<b>92.00</b>	<b>-3.4</b>	<b>20.3</b>
	S	0.0	0.0	0.1
	C.V.	0.0	0.0	0.0
5	$\chi$	<b>90.70</b>	<b>-1.4</b>	<b>19.7</b>
	S	0.1	0.1	0.3
	C.V.	0.0	0.0	0.0
6	$\chi$	<b>89.90</b>	<b>-3.8</b>	<b>20.5</b>
	S	0.5	0.0	0.1
	C.V.	0.0	0.0	0.0
7	$\chi$	<b>89.90</b>	<b>-2.7</b>	<b>17.6</b>
	S	0.0	0.0	0.1
	C.V.	0.0	0.0	0.0

En el análisis estadístico correspondiente se podrá observar con mayor claridad la similitud o diferencia de los parámetros obtenidos entre cada muestra. A simple vista parece ser mínima la variación en el parámetro L\* el cual representa una coloración cercana a blanco. En el análisis de resultados se profundizara sobre este y los parámetros a\* y b\*.

## Análisis Químico Proximal

En la Tabla 24 se presentan las medidas de dispersión de los resultados obtenidos en el AQP para cada una de las fórmulas para lactantes. Con estos resultados fue cubierto al 100% el objetivo particular 2.

Tabla 24. Resultados del Análisis Químico Proximal

FÓRMULA P/LACTANTES	MEDIDAS DISPERSIÓN	CARACTERÍSTICA				
		Humedad	Proteína	Grasa	Cenizas	Carbohidratos
1	X	2.3	10.9	33.9	3.3	48.6
	S	0.0	0.9	0.6	0.1	0.6
	C.V.	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
2	X	2.8	11.8	25.0	2.6	57.8
	S	0.1	1.0	0.3	0.2	0.3
	C.V.	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
3	X	2.3	10.6	27.0	2.4	57.8
	S	0.1	0.7	0.3	0.0	0.5
	C.V.	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
4	X	1.9	9.5	28.9	2.3	58.3
	S	0.1	0.6	0.3	0.0	0.5
	C.V.	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
5	X	2.5	10.6	27.4	3.0	57.2
	S	0.0	0.1	0.3	0.2	0.6
	C.V.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
6	X	2.3	10.9	29.7	3.1	53.8
	S	0.0	0.1	0.2	0.2	0.7
	C.V.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
7	X	2.3	9.7	27.5	3.0	57.6
	S	0.2	0.3	0.6	0.3	0.2
	C.V.	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0

En esta tabla se observan variaciones en cada uno de los nutrientes contenidos en las siete muestras analizadas, con ayuda del análisis estadístico se apreciarán de mejor forma estas diferencias.

## Conteo Microbiológico

En la Tabla 25 se presentan los resultados de los conteos microbiológicos realizados a las fórmulas para lactantes, con esto el objetivo particular 3 es cubierto satisfactoriamente.

Tabla 25. Resultados del Conteo Microbiológico

FÓRMULA P/LACTANTES	DETERMINACIÓN				
	Mesófilos aerobios (UFC/g)	<i>Salmonella</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	Coliformes totales (NMP/g)
1	Negativo	Ausente/25g	Negativo	Negativo	Negativo
2	Negativo	Ausente/25g	Negativo	Negativo	Negativo
3	Negativo	Ausente/25g	Negativo	Negativo	Negativo
4	Negativo	Ausente/25g	Negativo	Negativo	Negativo
5	Negativo	Ausente/25g	Negativo	Negativo	Negativo
6	Negativo	Ausente/25g	Negativo	Negativo	Negativo
7	Negativo	Ausente/25g	Negativo	Negativo	Negativo

En esta tabla se puede apreciar que los resultados obtenidos fueron satisfactorios para el tipo de producto analizado, más adelante se realizara el análisis con respecto a la normatividad.

### Relación de Caseínas/Seroproteínas (CS/SP)

En la Tabla 26 se presentan los resultados de la relación de caseínas y seroproteínas presente en cada una de las fórmulas para lactantes y sus medidas de dispersión con respecto a la fracción de caseína que fue la que se cuantificó experimentalmente. El objetivo particular 4 quedó cubierto al 100% con la obtención de estos resultados.

Tabla 26. Resultados de la Relación de CS/SP

FÓRMULA P/LACTANTES	MEDIDAS DISPERSIÓN	FRACCIÓN PROTEICA CS/SP
1	$\chi$	<b>38 / 62</b>
	S	0.9
	C.V.	0.2
2	$\chi$	<b>25 / 75</b>
	S	0.4
	C.V.	0.2
3	$\chi$	<b>25 / 75</b>
	S	0.1
	C.V.	0.1
4	$\chi$	<b>18 / 82</b>
	S	0.1
	C.V.	0.1
5	$\chi$	<b>21 / 79</b>
	S	0.6
	C.V.	0.3
6	$\chi$	<b>40 / 60</b>
	S	0.5
	C.V.	0.1
7	$\chi$	<b>13 / 87</b>
	S	0.1
	C.V.	0.1

La fracción de seroproteínas fue obtenida por diferencia entre la fracción de caseína con respecto a la cuantificación de proteínas totales realizada en cada una de las muestras

analizadas. Se observan variaciones entre cada fórmula y en la relación recomendada para este producto.

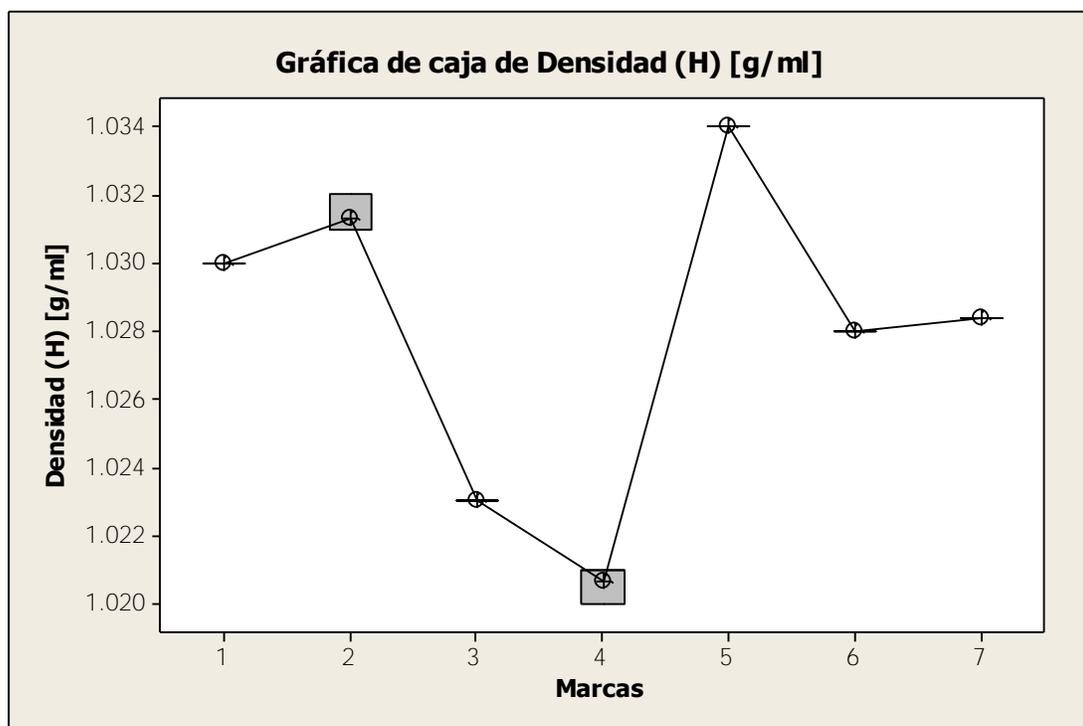
A continuación se presentan los análisis de los resultados obtenidos en este trabajo.

### **Análisis de las Propiedades Físicas y Fisicoquímicas**

De acuerdo con la Tabla 22 y 23 (encontradas en las páginas 65 y 66) la tendencia de variación de los valores experimentales obtenidos para cada propiedad fue mínima e incluso en la mayoría nula, por lo que se podría decir que en caso de haber cometido errores experimentales, estos fueron mínimos.

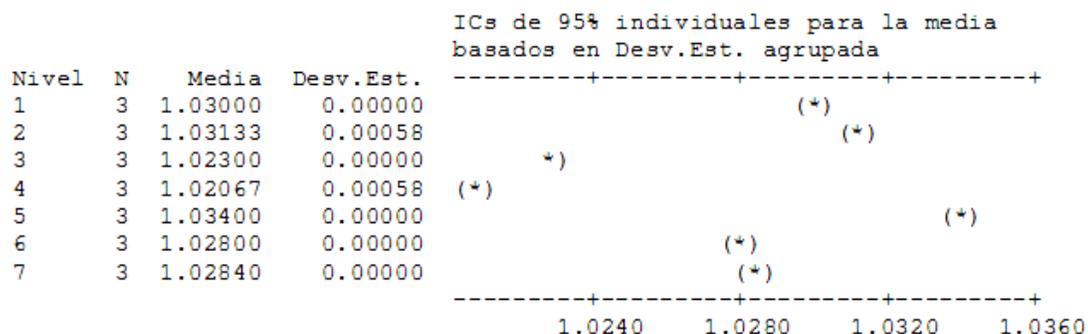
#### ➤ Densidad (Fórmula Hidratada)

Los valores de desviación estándar como el coeficiente de variación fueron nulos ya que esta propiedad se determinó a una sola temperatura o con poca variación de esta entre las repeticiones, en las cuales posteriormente se realizó la corrección para el reporte del valor de la densidad de cada una de las fórmulas para lactantes rehidratada a los 15°C.



**Figura 11. Gráfica de Caja Densidad (Hidratada) vs Marca**

En la Figura 11 se presenta la gráfica de caja para la propiedad de la densidad de las fórmulas para lactantes una vez hidratadas, se puede observar que entre estas tuvieron valores poco dispersos. La marca con el valor más bajo de densidad fue la 4 (1.021 g/ml) el cual tuvo una diferencia de 0.010 unidades con respecto al valor mínimo que establece la NOM-155-SCFI-2012 y el valor más elevado fue de la marca 5 (1.034 g/ml). Entre marcas existe una diferencia estadísticamente significativa con respecto al valor medio de densidad de las fórmulas hidratadas, al tener un valor de  $p=0.0$  que es menor a 0.05, indicando así que hay un 0% de semejanza en general.



**Figura 12. Diferencia Existente entre Densidad (Hidratada) y Marcas**

En la Figura 12 se aprecian las interacciones que hay entre las marcas de fórmulas para lactantes de acuerdo a los valores de densidad de la fórmula hidratada, donde las densidades de las marcas 6 y 7 fueron iguales estadísticamente.

La densidad de las fórmulas hidratadas estuvo entre 1.021 y 1.034 g/ml a los 15°C, valores que se asemejan a la densidad de una fórmula láctea rehidratada descremada la cual debe ser de 1.031 g/ml como mínimo a esta misma temperatura, de acuerdo a lo que especifica la NOM-155-SCFI-2012, ; la comparación con la NOM-131-SSA1-1995 no pudo ser realizada ya que no se encuentra especificada esta propiedad, sin embargo los resultados pueden ser considerados como razonables teniendo en cuenta que esta propiedad depende del contenido graso del producto, el cual vario en cada marca analizada.

➤ Densidad (Fórmula Deshidratada)

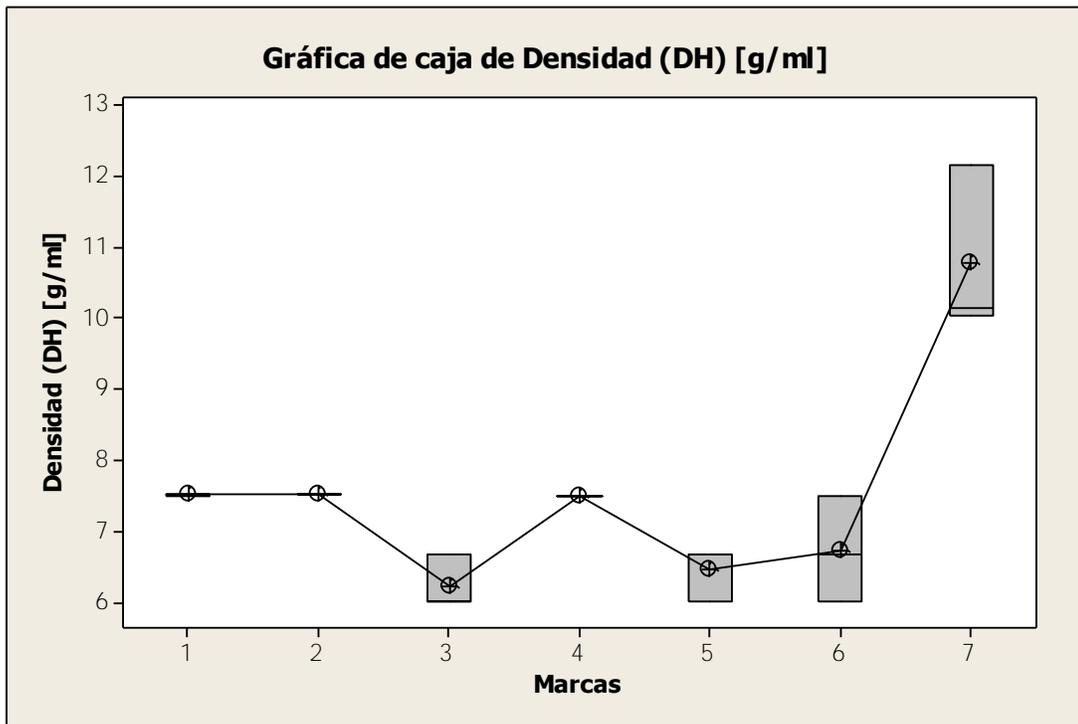


Figura 13. Gráfica de Caja de Densidad de la Fórmula Deshidratada vs Marcas

En la Figura 13 se presenta la gráfica de caja para la densidad de la fórmula para lactantes deshidratada, donde se observa que la marca con el valor más elevado de densidad fue de la marca 7 (10.8 g/ml) y la menor fue de la marca 3 (6.2 g/ml). Una vez más existe diferencia estadística entre los valores medios de densidad de las 7 marcas teniendo un 0% de semejanza entre ellas.

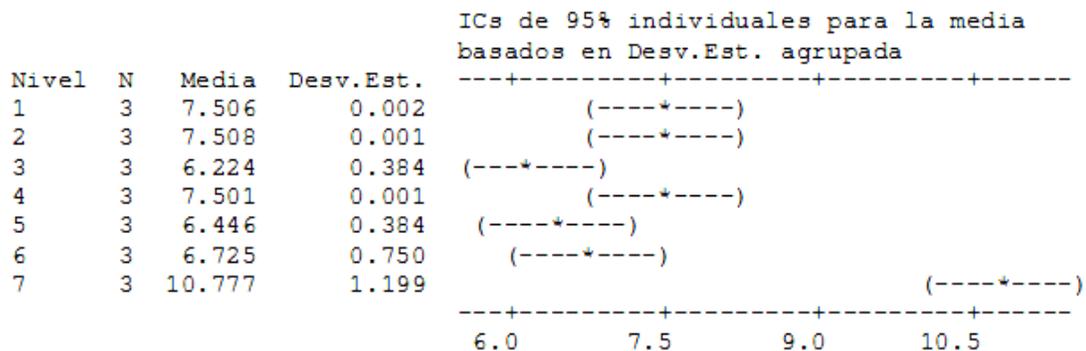


Figura 14. Diferencia Existente entre Densidad (Fórmula Deshidratada) y Marcas

En la Figura 14 se puede apreciar de mejor forma las interacciones entre los valores de la densidad de la fórmula deshidratada de las siete marcas de fórmulas para lactantes, donde estadísticamente todas las fórmulas tuvieron el mismo valor de densidad excepto la marca 7.

Los valores de la densidad de las partículas en polvo se encontraron en un rango de 6.2 a 10.8 g/ml, que al ser comparado con los valores encontrados por Baez (1993) los cuales van de 63 a 72 ml/50 g (1.26 a 1.44 g/ml) fueron muy diferentes, esto se debe a que la técnica usada para la determinación de esta densidad en el presente trabajo fue la densidad compactada de estas leches en polvo, y esta propiedad no se encuentra especificada en la NOM-131-SSA1-1995 ni se encontró trabajo alguno con el cual comparar. La técnica del Principio de Arquímedes, utilizada para la determinación de esta propiedad, fue en la que se obtuvieron resultados más exactos y en la que se obtendría un coeficiente de variación mínimo, puesto que antes de llegar a esta técnica se realizaron otras dos diferentes en las cuales se presentaba un grado de error experimental muy elevado.

#### ➤ Sedimento

En cuanto a los resultados obtenidos de sedimento, en todas las marcas fueron menores a 0.1 ml, este resultado fue el mismo en el triplicado realizado en cada una de las muestras, por esta razón no se tiene un gráfico estadístico para este parámetro. Estos resultados pueden ser tomados como excelentes comparándolos con lo que el ADPI (2002) establece en la leche descremada en polvo, lo cual es un sedimento  $\leq 1.0$  ml; con esto se podría decir que el proceso de secado por aspersion de la leche fue realizado de forma y bajo las condiciones correctas, reflejando así la calidad del producto final ya que la desnaturalización de las proteínas fue casi nula.

#### ➤ pH

Los valores de pH obtenidos se encuentran en un rango de 6.62 a 7.09. No se tiene un análisis estadístico para este parámetro debido a que en los triplicados realizados no existieron variaciones. Al comparar este rango con el de la leche, el cual es de 6.5 a 6.7, se puede decir que las muestras analizadas se encontraron dentro de este, excepto por las marcas 3, 4, 5 y 6 que presentaron un pH ligeramente mayores (6.82, 7.09, 7.09 y 7.04 respectivamente).

Aunque comparando los resultados experimentales de Baez (1993), quien obtuvo valores de pH de 4.6 a 7.3, los resultados experimentales obtenidos en el presente estudio son similares. Las diferencias de las marcas 3, 4, 5 y 6 pueden deberse a la adición de algún probiótico ya que el pH ácido favorece el crecimiento de la flora intestinal, con lo cual se asegura una mejor intervención en la degradación de proteínas por los microorganismos (Baez, 1993).

➤ Acidez

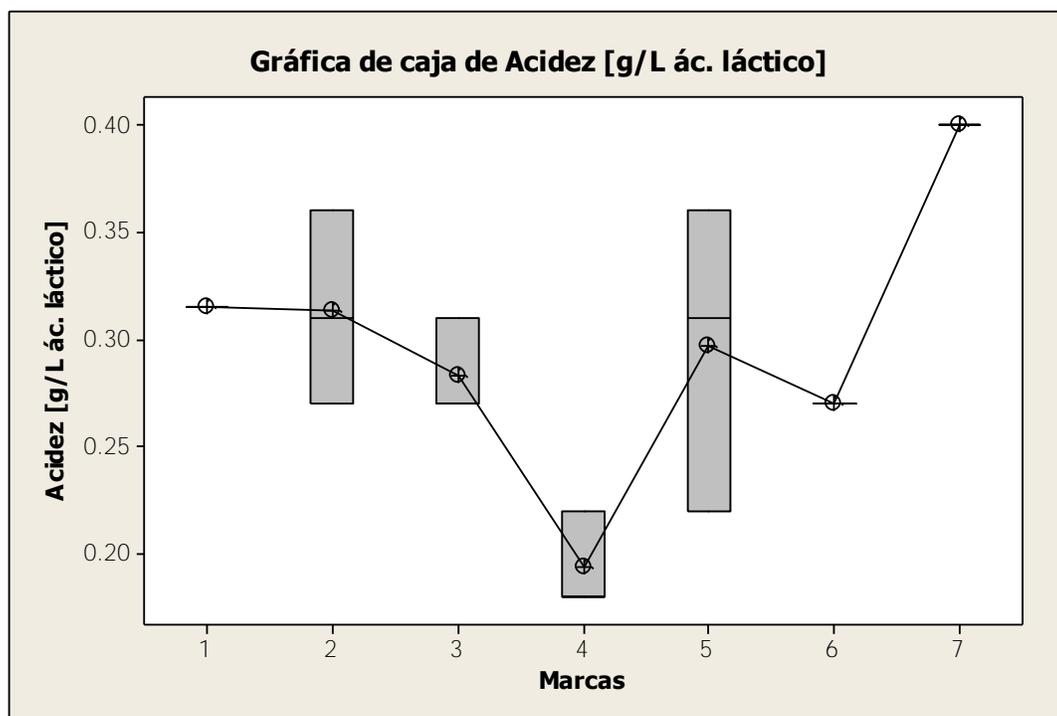
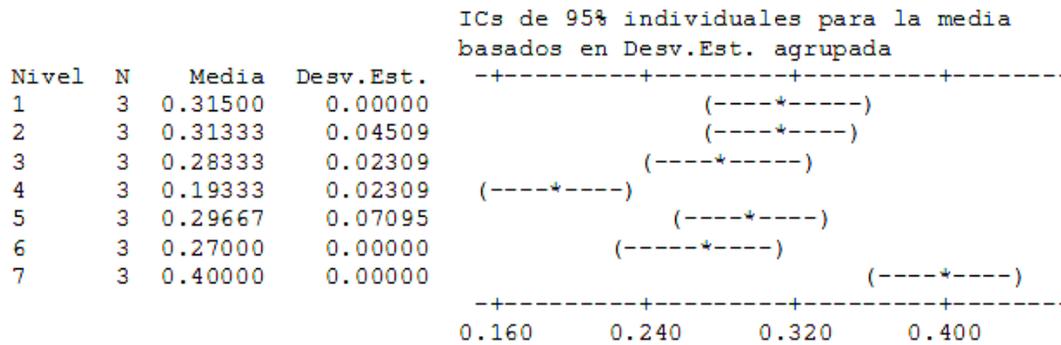


Figura 15. Gráfica de Caja Acidez vs Marca

En la Figura 15 se presenta la gráfica de caja para la propiedad de acidez de las fórmulas para lactantes, se puede observar que la marca con el valor más bajo fue la 4 (0.2g/L ác. láctico) y el valor más elevado de acidez fue de la marca 7 (0.4 g/L ác. láctico). Entre marcas existió una diferencia significativa con respecto al valor medio de acidez, ya que el valor de  $p=0.0$  obtenido es menor a  $\alpha=0.05$ , indicando así que hay un 0% de semejanza entre ellas.



**Figura 16. Diferencia Existente entre Acidez y Marcas**

En la Figura 16 se aprecian las interacciones que hay entre las marcas de fórmulas para lactantes de acuerdo a los valores de acidez obtenidos, donde en la mayoría se presenta en el mismo estadístico excepto la marca 4 y la 7.

La acidez obtenida en las fórmulas para lactantes fue de 0.2 a 0.4 g/L ácido láctico, estos valores se encontraron por debajo del rango que se especifica para la leche rehidratada descremada en la NOM-155-SCFI-2012 el cual es 0.9 a 1.5; no se pudo realizar la comparación con la NOM-131-SSA1-1995 debido a que esta propiedad no se encuentra especificada. Comparando una vez más estos resultados con los obtenidos en el trabajo de Baez (1993), donde obtuvo un rango de 0.19 a 0.50, los valores experimentales son comparables.

La relación de pH y acidez es inversamente proporcional de acuerdo a lo que establece la teoría, lo cual no se observa en este trabajo, aunque Maza & Legorreta (2011) menciona que las leches pueden tener el mismo pH y por lo tanto la misma estabilidad en los tratamientos industriales y sin embargo, presentar diferente grado de acidez y viceversa.

➤ **Partículas Quemadas**

En la Tabla 22 (página 65) se muestra la clasificación de cada una de las fórmulas para lactantes de acuerdo con los discos patrón para partículas quemadas en leche en polvo según el American Dairy Products Institute (ADPI, 2006). La clasificación de estos discos se encuentran de A a D, donde A es aquella leche en polvo de mayor calidad al contener mínimas partículas quemadas (7.5 mg/25 g de muestra) y la D es aquella de menor calidad al contener un gran número de partículas quemadas (32.5 mg/25 g de muestra).

La mayoría de las fórmulas se definieron con la clasificación A, como es el caso de la fórmula 2, 3, 4 y 7; las restantes, las cuales son 1, 5 y 6, fueron clasificadas como B, estas últimas fórmulas fueron denominados así a pesar de que al realizar la comparación con los discos patrón del ADPI, los filtros de prueba no llegaban a tener la misma apariencia con el disco B, pero como lo menciona la norma NMX-F-204-1986, si el filtro se clasifica entre dos de los discos, se debe considerar el superior. De manera que la clasificación de estas fórmulas para lactantes se encuentra con respecto a lo que especifica el ADPI (2006) que es un rango de 7.5 a 15 mg (que corresponde a los discos A-B).

Con respecto al índice de insolubilidad o sedimento, que está directamente relacionado a las partículas quemadas, se puede afirmar una vez más que el proceso de secado de la leche para la obtención de las fórmulas para lactantes fue llevado a cabo en las condiciones correctas.

#### ➤ Color

En la Tabla 23 (página 66) se indican los parámetros de color de cada una de las fórmulas para lactantes, al haber manejado el modelo cromático CIELAB.

Los tres parámetros en el modelo representan la luminosidad de color ( $L^*$ ,  $L^*=0$  indica negro y  $L^*=100$  indica blanco), su posición entre rojo y verde ( $a^*$ , valores negativos indican verde mientras valores positivos indican rojo) y su posición entre amarillo y azul ( $b^*$ , valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo).

- *Parámetro L\**

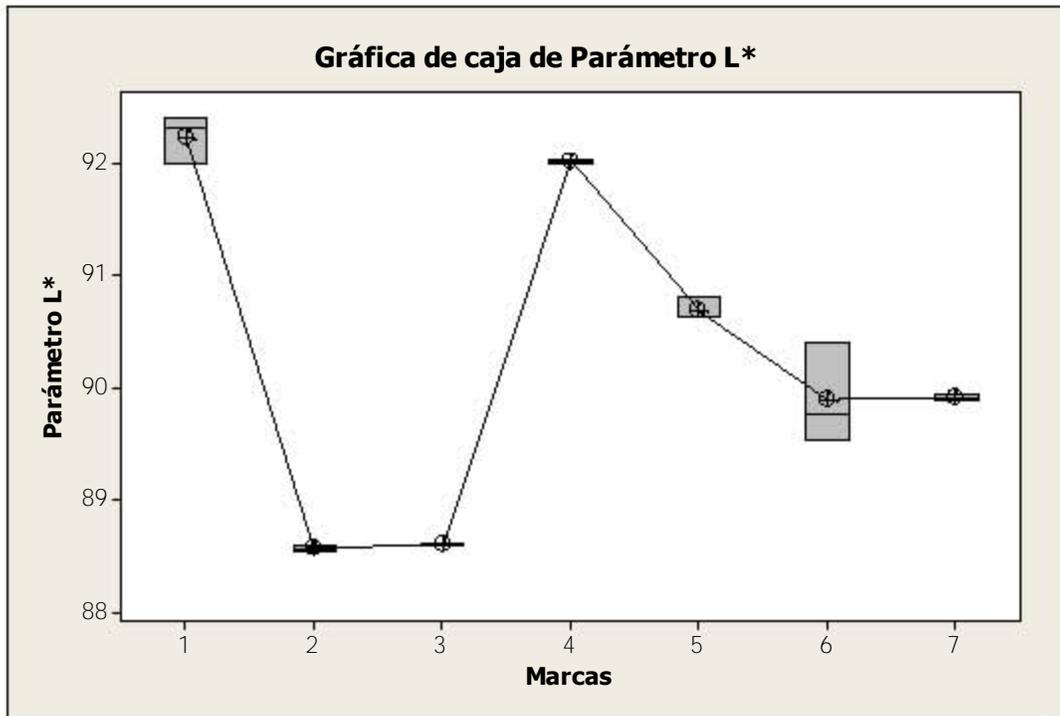


Figura 17. Gráfica de Caja del Parámetro L\* vs Marcas

En la Figura 17 se presenta la gráfica de caja del parámetro L\* de las fórmulas para lactantes, se puede observar que la marca con el valor más bajo fueron la 2 y 3 (88.60 en ambas marcas) y el valor más elevado de L\* fue la marca 1 (92.20). Entre marcas existe una diferencia significativa con respecto al valor medio del parámetro L\*, ya que el valor de  $p=0.0$ , indicando así que hay un 0% de semejanza entre ellas.

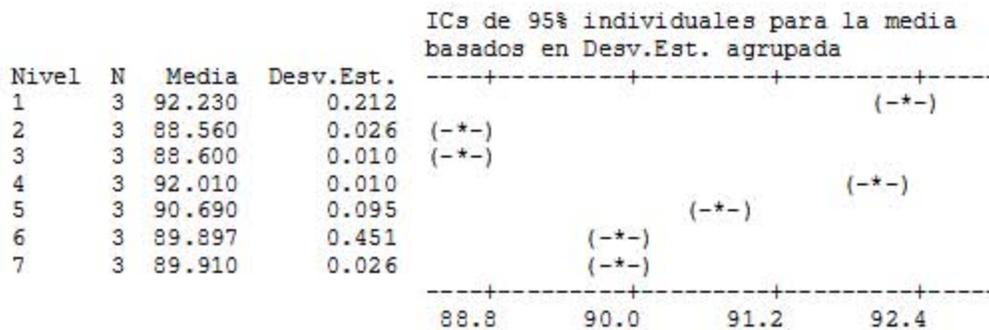


Figura 18. Diferencia Existente entre el Parámetro L\* y Marcas

En la Figura 18 se puede observar algunas interacciones del valor del parámetro L\* como lo son entre las marcas 2 y 3, los cuales se encuentran en el mismo intervalo de valores así

también como entre las marcas 6 y 7, y las marcas cuyos valores se encuentran entre los intervalos son 1 y 4.

Los valores del Parámetro L\* obtenidos se encontraron entre 88.60 y 92.20 el cual es un rango que se puede considerar cercano a 100, de manera que las muestras están cercanos al color blanco. En un trabajo donde determinaron el color de la leche descremada en polvo obtuvieron un rango de valores de este parámetro de 92.5 a 94.9 (Kneifel, et al., 1992). Es de considerar que las fórmulas para lactantes estudiadas son elaboradas a partir de leche descremada, por lo que es congruente que los valores obtenidos estén cerca de este rango encontrado. Los valores más bajos del parámetro L\* obtenidos pueden atribuirse a la formación de pigmentos marrones como consecuencia del desencadenamiento de la reacción de Maillard, debido a la acción combinada temperatura-tiempo empleada en el tratamiento de secado, que favorece las reacciones de oscurecimiento de Maillard y de caramelización, aunado a la baja actividad de agua de los productos que también favorece estas reacciones (Grigioni, et al., 2007).

• *Parámetro a\**

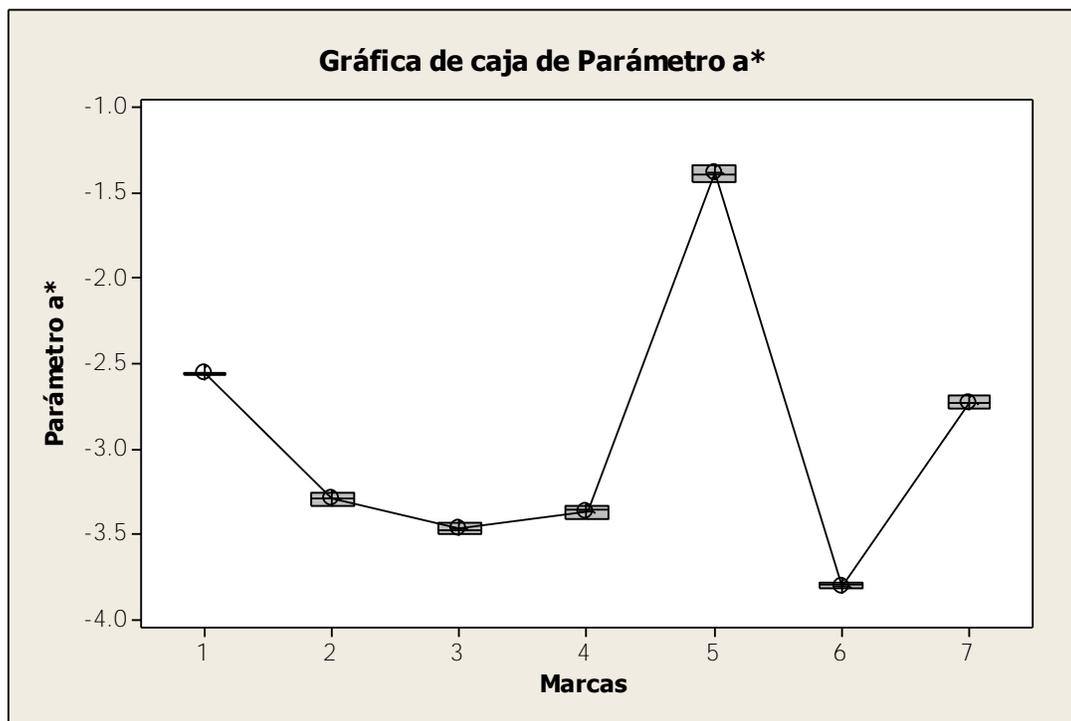
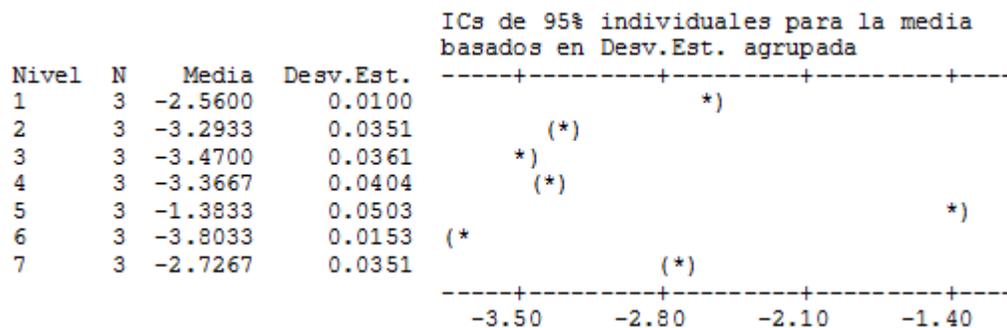


Figura 19. Gráfica de Caja del Parámetro a\*

En la Figura 19 se muestra la gráfica de caja del parámetro  $a^*$  donde se aprecia que el valor mayor de este parámetro lo tuvo la marca 5 (-1.4) siendo la que tiene una coloración con tendencia mínima al verde y, el menor valor lo presentó la marca 6 (-3.8) siendo la que presenta una mayor coloración verdosa. El resultado de semejanza entre las marcas es de 0% por lo que se tiene una diferencia significativa entre estas con respecto al valor medio del parámetro  $a^*$ .



**Figura 20. Diferencia Existente entre el Parámetro  $a^*$  y Marcas**

En la Figura 20 se muestran las interacciones existentes entre los valores del parámetro  $a^*$  en las diferentes marcas estudiadas donde se puede observar que las marcas tuvieron una mayor dispersión de los valores de este parámetro. Las marcas que presentan interacción entre sus valores son la marca 2 y 4.

Los valores del parámetro  $a^*$  obtenidos experimentalmente se encontraron entre -1.4 a -3.8, que al ser valores negativos indican una ligera tendencia al color verde en las muestras, esta coloración se debe a la presencia de la riboflavina. Algunos de estos valores están por debajo y exceden el rango de este parámetro reportado en el trabajo de Kneifel, et al. (1993) el cual es de -1.7 a -2.6 pero hay que tener en cuenta que sus reportes son de la leche descremada en polvo. Los resultados obtenidos en el presente trabajo se consideran adecuados ya que las fórmulas para lactantes son leches reformuladas, por lo que se les adiciona suero de leche en el cual se encuentra la riboflavina, conteniendo así una mayor proporción de esta en las fórmulas para lactantes.

• *Parámetro b\**

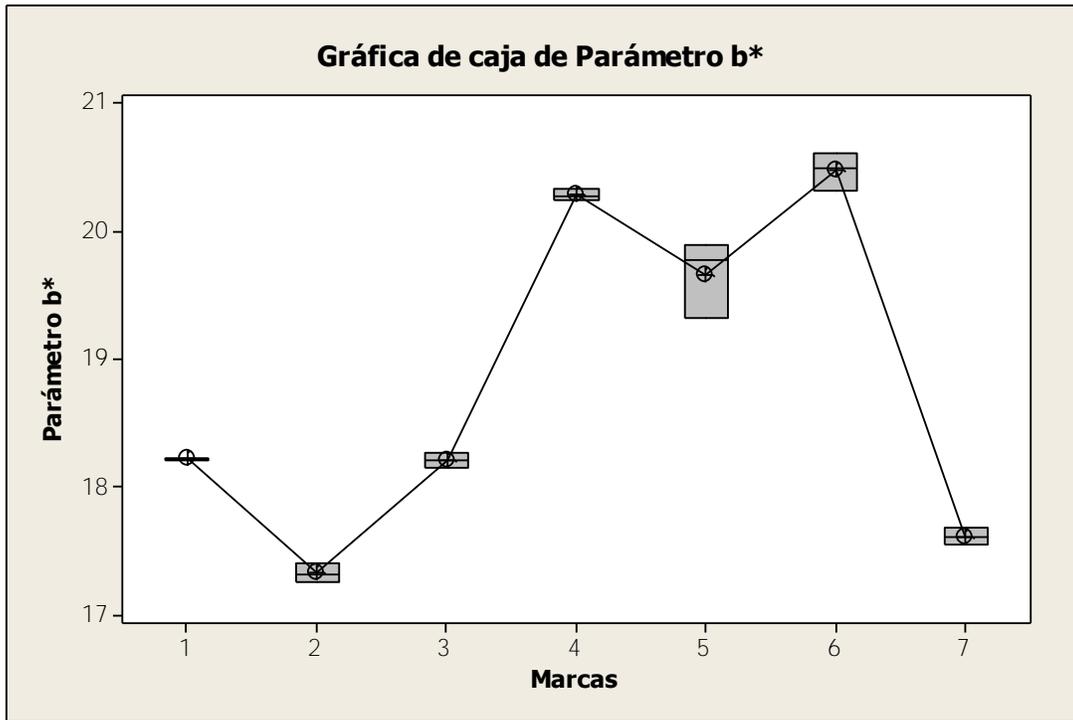


Figura 21. Gráfica de Caja del Parámetro b\* vs Marcas

En la Figura 21 se muestra la gráfica de caja de los valores del parámetro b\* donde se observa que la marca con el mayor valor fue la 6 (20.5) siendo la que presenta una coloración más amarilla y la marca con el menor valor fue la 2 (17.3). Teniendo un valor de  $p=0.0$  se tiene así una diferencia significativa entre las marcas con respecto a los valores medios del parámetro b\*.

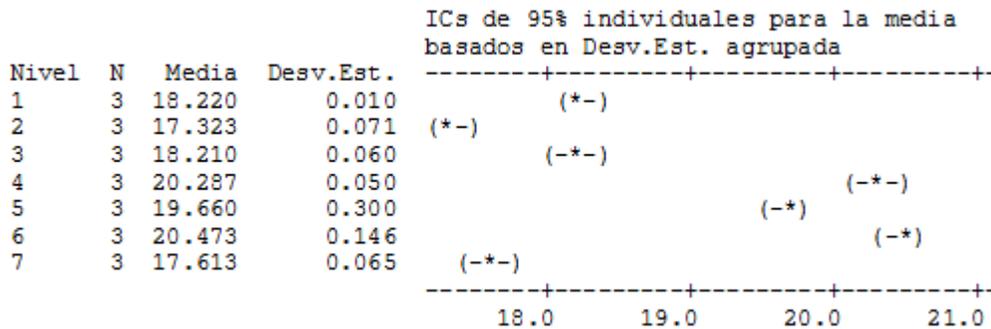


Figura 22. Diferencias Existente entre el Parámetro b\* y Marcas

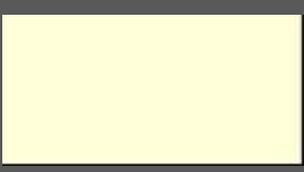
La Figura 22 se pueden observar las interacciones existentes entre las muestras de fórmulas para lactantes, donde las marcas 2 y 7 se encontraron casi en el mismo intervalo de valores del parámetro  $b^*$ , lo mismo se observa con las marcas 1 y 3 y, 6 y 4.

Los valores del parámetro  $b^*$  obtenido en las diferentes marcas estuvieron en un rango de 17.3 a 20.5, al ser valores positivos indica que en las muestras hay una tendencia al color amarillo, esta coloración es debido a la presencia de carotenoides. En el trabajo de Kneifel, et al. (1993) se reporta un rango de 11.3 a 18.3 de este parámetro, por lo que los valores obtenidos experimentalmente pueden ser tomados como aceptables al estar dentro de este rango y teniendo en cuenta que las fórmulas para lactantes (que aun siendo una leche descremada) contienen un mayor porcentaje de grasa y por lo tanto mayor contenido del pigmento caroteno, esto puede justificar el que se hayan obtenido valores del parámetro de  $b^*$  mayores al encontrado por Kneifel, et al.

De los tres parámetros de la escala CIE manejados, el que tuvo mayor variación en los valores de las muestras fue el parámetro  $a^*$ . La variación de los parámetros de la escala CIE también tiene como factor la estación del año en la que la materia prima es recolectada. De acuerdo con estudios realizados por Grigioni, et al. (2007), la leche en polvo obtenida en verano presentan valores menores de  $L^*$  en contraste con aquellas elaboradas en otoño e invierno. Para el parámetro  $b^*$  la tendencia que se observa es que las leches en polvo producidas en primavera y verano presentan, en general, valores mayores de  $b^*$ . Así, el color de un alimento es el resultado de los productos naturales asociados con la materia prima o compuestos coloreados, generados durante el procesamiento. A pesar de todos estos factores, el color obtenido en cada una de las marcas de fórmulas para lactantes fue un crema claro, el adecuado con respecto a lo que establece el ADPI (2006) para una leche descremada en polvo.

Utilizando el programa Adobe Photoshop CS5 se obtuvo la muestra de color de cada una de las marcas de fórmulas para lactantes para definir la coloración que forman los parámetros  $L^*a^*b^*$ , las cuales se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. Muestras de Color Utilizando Adobe Photoshop CS5.

FÓRMULA P/LACTANTES	PARÁMETROS L* a*b*			MUESTRA DE COLOR
1	90.2	-2.6	18.2	
2	88.6	-3.3	17.3	
3	88.6	-3.5	18.2	
4	92.0	-3.4	20.3	
5	90.7	-1.4	19.7	
6	89.9	-3.8	20.5	
7	89.9	-2.7	17.6	

De esta manera podemos observar que el color de las muestras de las diferentes marcas de fórmulas para lactantes fue muy similar, y permitir definirlo como “crema claro”, el cual es el esperado para este producto.

## Análisis Químico Proximal

### ➤ Humedad

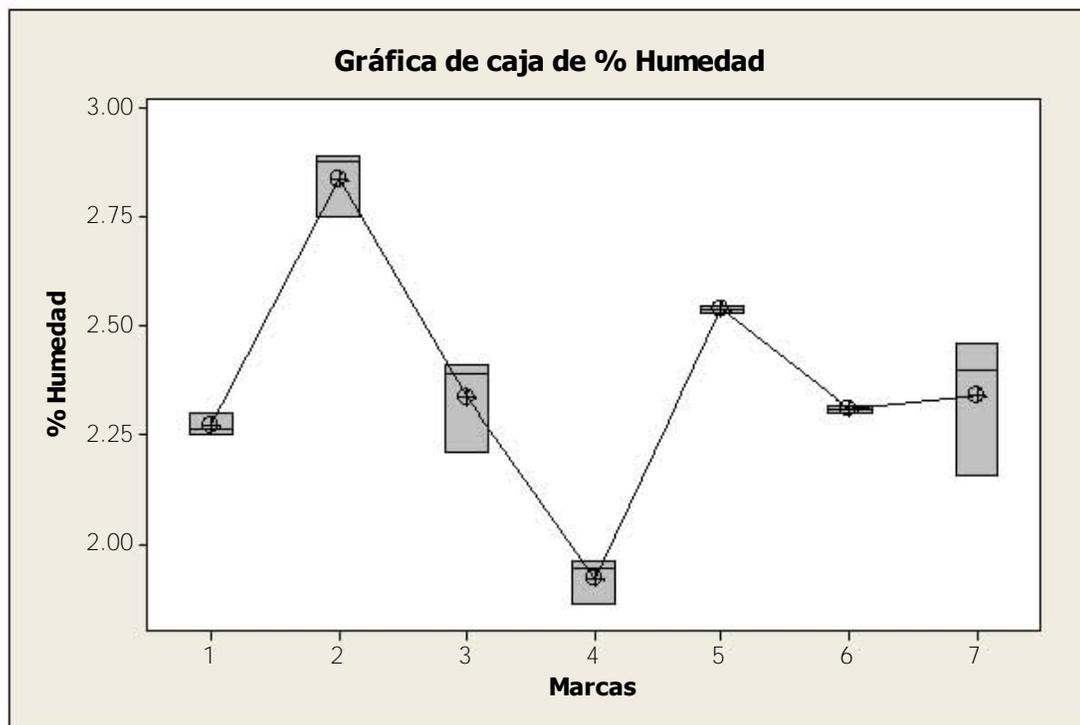


Figura 23. Gráfica de Caja de Humedad vs Marca

En la Figura 23 se muestra la gráfica de caja de % de humedad de las diversas marcas de fórmulas para lactantes, donde el valor de la marca 2 presentó el mayor porcentaje de humedad (2.8%) y la marca 4 con el mayor porcentaje de esta característica (1.9%). La prueba ANOVA lanzó una de  $p=0.0$  siendo así menor al nivel de significación de 0.05, por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios de las 7 marcas de fórmulas para lactantes.

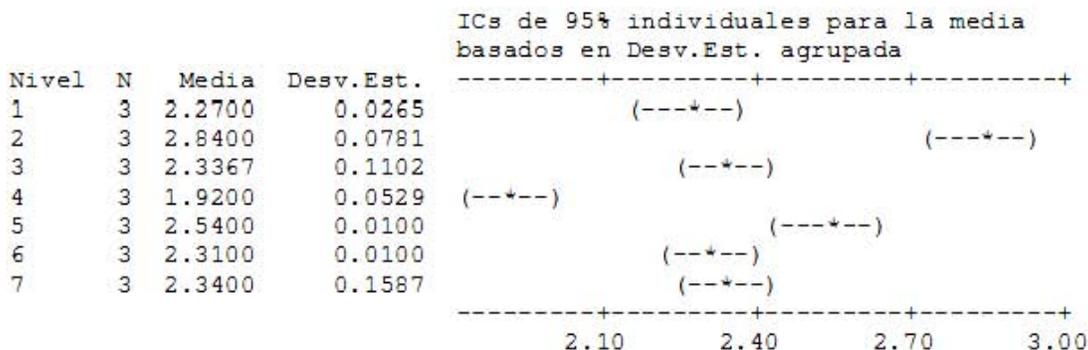


Figura 24. Diferencia Existente entre %Humedad y Marcas

En la Figura 24 se aprecia las interacciones entre los intervalos de valores de los porcentajes de humedad obtenidos para las diferentes marcas de fórmulas. Las interacciones se dan entre las marcas 1, 3, 6 y 7, esto debido a que los valores del % de humedad fueron iguales estadísticamente entre dichas marcas.

Con respecto a los valores experimentales del AQP presentados en la Tabla 24 (página 67), la humedad contenida en las muestras estuvo dentro del límite marcado en la NOM-155-SCFI-2012 establece una humedad máxima de 4% para leche descremada en polvo deshidratada con o sin sabor, los valores experimentales obtenidos estuvieron de 1.9 a 2.8%, el coeficiente de variación fue menor a 1 en todas las fórmulas para lactantes por lo que estos resultados pueden ser tomados como confiables, además de que la tendencia de variación fue muy pequeña. Comparando los resultados obtenidos por Baez (1993) pueden ser comparables ya que él reporta humedades en las fórmulas para lactantes de 2 a 3.1%, con lo cual los resultados obtenidos pueden ser tomados como aceptables; esta mínima variación con la referencia puede deberse a las diferentes técnicas de secado pueden aplicarse a este producto pues las temperaturas varían y estas técnicas dependen de cada empresa.

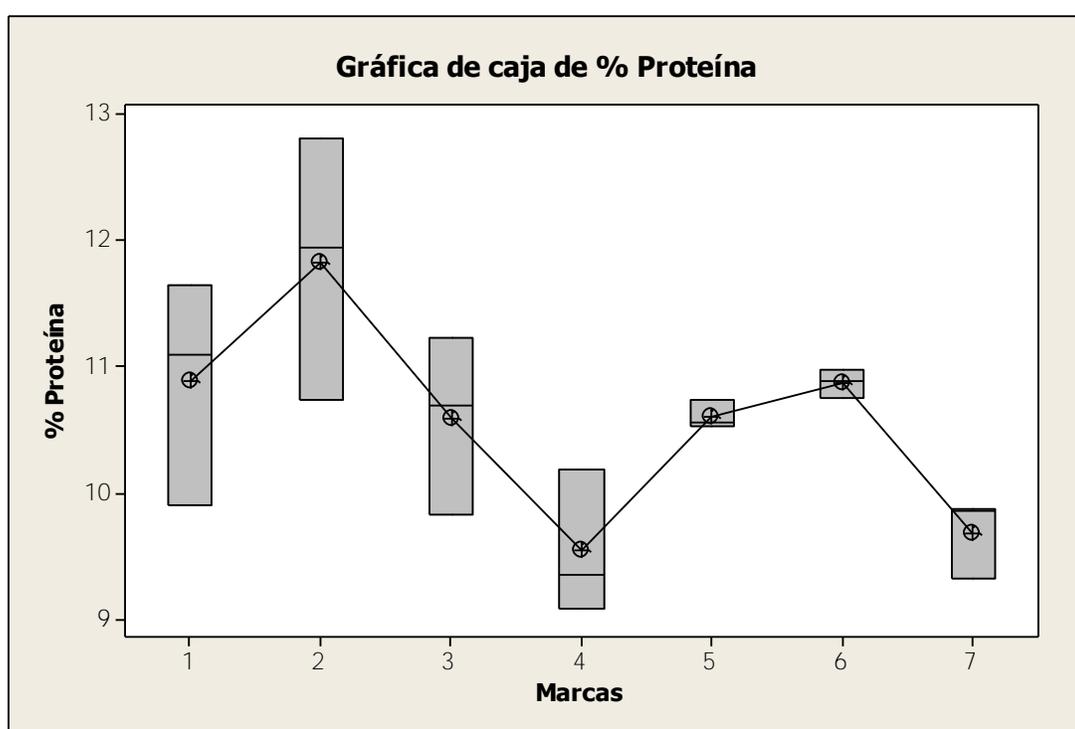
➤ Proteína

En la Tabla 28 se presenta la desviación estándar y el coeficiente de variación entre los valores experimentales con referencia los valores estipulados en la etiqueta de cada fórmula láctea.

**Tabla 28. Desviación Estándar y Coeficiente de Variación entre Valores de % Proteína Experimentales y Valor de Etiqueta**

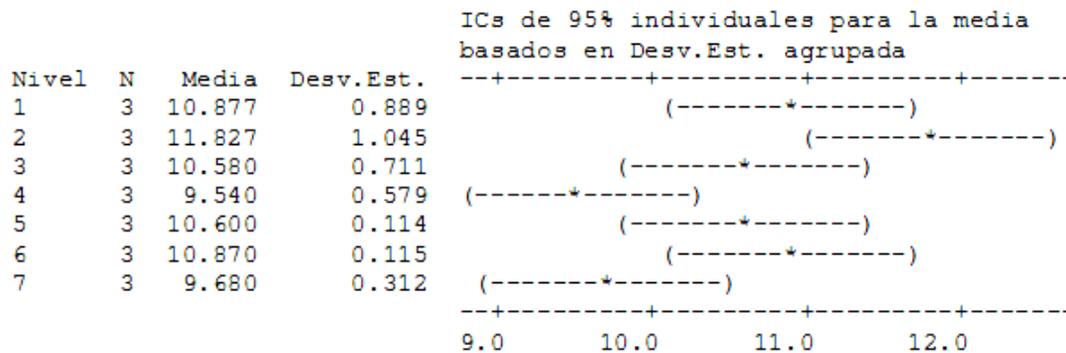
Fórmula p/lactantes	Proteína			
	% Experimental	% Etiqueta	S	C.V.
1	10.9	12.0	-0.8	0.1
2	11.8	10.8	0.7	0.1
3	10.6	9.5	0.8	0.1
4	9.5	11.0	-1.0	0.1
5	10.6	9.5	0.8	0.1
6	10.9	10.6	0.2	0.0
7	9.7	10.6	-0.7	0.1

Los valores de proteína de las 7 marcas de fórmulas para lactantes obtenidos abarcaron un rango de 9.5 a 11.8%. Todas presentaron diferencias con respecto a lo estipulado en el marbete de cada marca. Comparando estos valores con los presentados en la etiqueta, la fórmula 1, 4 y 7 estuvieron por debajo de lo establecido en la etiqueta con una desviación estándar de 0.8, 1.0 y 0.7%, respectivamente; las demás fórmulas para lactantes estuvieron por encima de lo estipulado en la etiqueta, como lo fue en la fórmula 2 con una  $S=0.7\%$ , la marca 3 y 5 con una  $S=0.8\%$  y la marca 6 con una  $S=0.2\%$  siendo esta la que tuvo menor variación con respecto al valor especificado en la etiqueta.



**Figura 25. Gráfica de Caja %Proteína vs Marca**

En la Figura 25 se presenta la gráfica de caja de % de Proteína, en el cual se observa que la marca con el mayor porcentaje de este nutriente fue la 2 (11.8%) y la menor fue la marca 4 (9.5). La prueba de ANOVA resultó con un valor de  $p=0.010$ , teniendo así sólo 1% de similitud del porcentaje de proteína entre las marcas de fórmulas para lactantes, ya que este valor se encuentra por debajo del nivel de significancia establecida (5%) se tiene así una diferencia estadísticamente significativa con respecto al porcentaje medio de proteína entre las siete marcas estudiadas.



**Figura 26. Diferencia Existente entre %Proteína y Marcas**

En la Figura 26 se aprecian las interacciones existentes entre los intervalos del % de proteína, se puede observar que todas las marcas de fórmulas para lactantes llegaron a estar dentro de los intervalos de valores resultantes entre cada marca. Las marcas con el contenido de proteína estadísticamente iguales fueron la 1 y 6, 3 y 5, 4 y 7.

En la Tabla 29 se muestra la comparación con las especificaciones de la NOM-131-SSA1-1995, el contenido de proteína establecido fue de 9.9 a 22.0 g/100g (1.8 a 4.0 g/100 Kcal), por lo que todas la fórmulas para lactantes estudiadas se encontraron dentro de la normatividad excepto las marcas 4 y 7, las cuales tenían que contar con 0.4% y 0.2% más de proteína, respectivamente para entrar en el límite mínimo que especifica la norma, pero al ser una cantidad muy pequeña se considera que estas formulas están dentro de la normatividad.

**Tabla 29. Comparativo entre % Proteína Experimental y lo Establecido en la NOM-131-SSA1-1995.**

Fórmula p/lactantes	% Proteína obtenidos Experimentalmente	% Proteína según la NOM-131-SSA1-1995
1	10.9	Mínimo 9.9  Máximo 22.0
2	11.8	
3	10.6	
4	9.5	
5	10.6	
6	10.9	
7	9.7	

➤ Grasa

En la Tabla 30 se presenta la desviación estándar y el coeficiente de variación que presentan los valores obtenidos experimentalmente con respecto a los valores de contenido de grasa que estaban estipulados en la etiqueta de cada una de las marcas para lactantes estudiadas.

**Tabla 30. Desviación Estándar y Coeficiente de Variación entre Valores de % Grasa Experimentales y Valor de Etiqueta**

Fórmula p/lactantes	Grasa			
	% Experimental	% Etiqueta	S	C.V.
1	33.9	27.0	4.9	0.2
2	25.0	27.0	-1.4	0.1
3	27.0	27.7	-0.5	0.0
4	28.9	29.0	-0.1	0.0
5	27.4	27.7	-0.2	0.0
6	29.7	28.2	1.1	0.0
7	27.5	27.0	0.4	0.0

En la tabla anterior se puede apreciar que las fórmulas 2, 3, 4 y 5 estuvieron por debajo de lo estipulado en la etiqueta teniendo una variación de 1.4, 0.5, 0.1, 0.2% de grasa respectivamente; las fórmulas 1, 6 y 7 contenían un porcentaje de grasa encima de lo que la etiqueta mostraba, teniendo una tendencia de variación de 4.9, 1.1 y 0.4%, respectivamente.

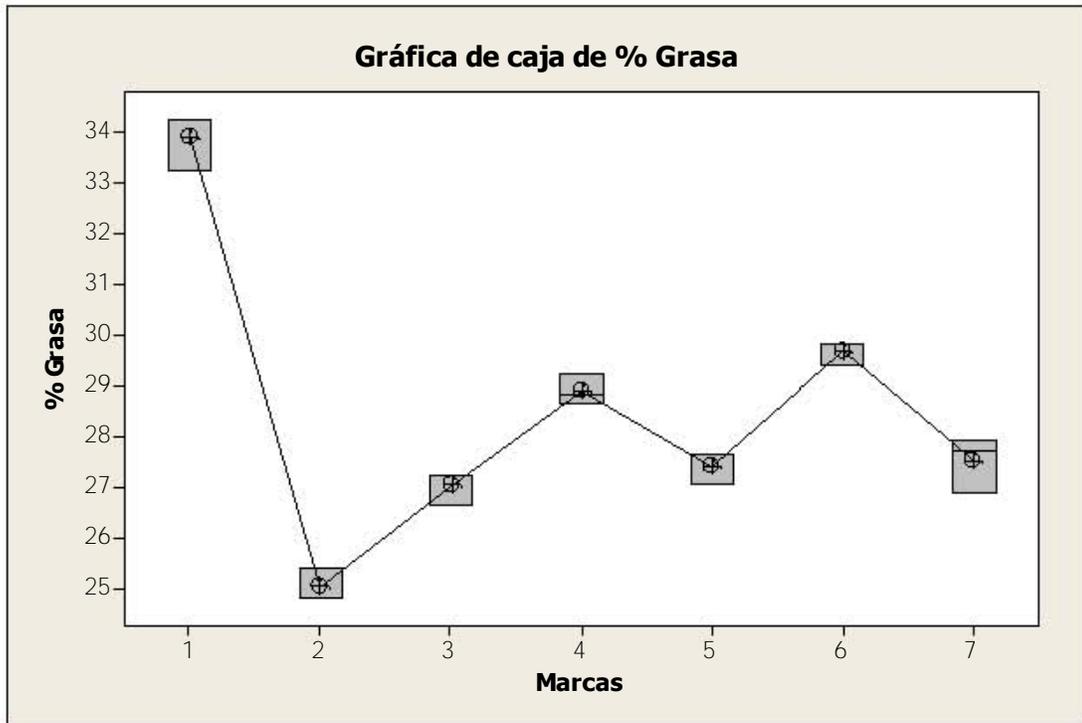


Figura 27. Gráfica de Caja %Lípidos y Marca

En la Figura 27 se muestra la gráfica de caja del % de grasa, en la cual se observa el porcentaje de grasa más elevado que fue el de la marca 1 (33.9%) y el más bajo fue el de la marca 2 (26.2%).

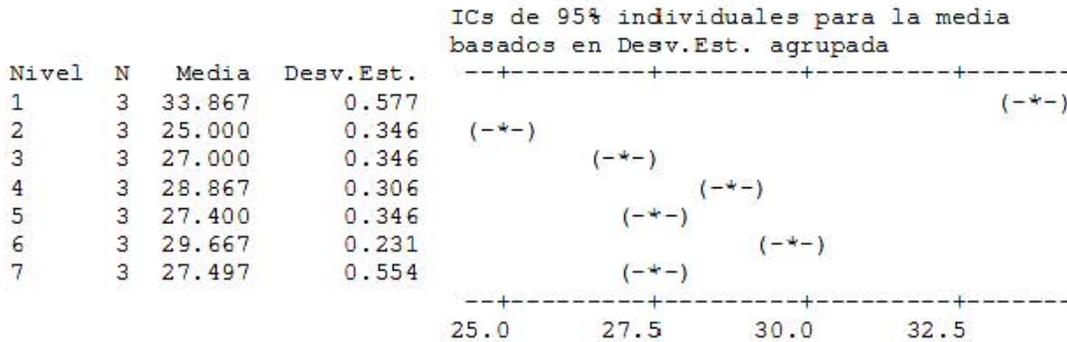


Figura 28. Diferencia Existente entre %Grasa y Marcas

En la Figura 28 se aprecian las marcas que estadísticamente tuvieron el mismo valor de % de grasa, aquellas que compartieron el mismo contenido graso fueron la 3, 5 y 7 (27.0, 27.4 y 27.5% grasa, respectivamente) y la 4 y 6 (28.9 y 29.7%). Existe diferencia significativa entre el % medio de grasa de las marcas de las fórmulas para lactantes al tener una semejanza del 0%.

En la Tabla 31 se realiza la comparación de los resultados obtenidos experimentalmente del porcentaje de grasa (25 a 33.9%) con el rango que establece la NOM-131-SSA1-1995 el cual es de 17.6 a 32 g/100 g (3.3 a 6 g/100 Kcal), los valores experimentales se encontraron dentro de la normatividad excepto la fórmula 1, que estuvo por arriba de la norma con 1.9% más de grasa.

**Tabla 31. Comparativo entre % Grasa Experimental y lo Establecido en la NOM-131-SSA1-1995.**

<b>Fórmula p/lactantes</b>	<b>% Grasa obtenidos Experimentalmente</b>	<b>% Grasa según la NOM-131-SSA1-1995</b>
<b>1</b>	33.9	Mínimo 17.6  Máximo 32.0
<b>2</b>	25.0	
<b>3</b>	27.0	
<b>4</b>	28.9	
<b>5</b>	27.4	
<b>6</b>	29.7	
<b>7</b>	27.5	

➤ Ceniza

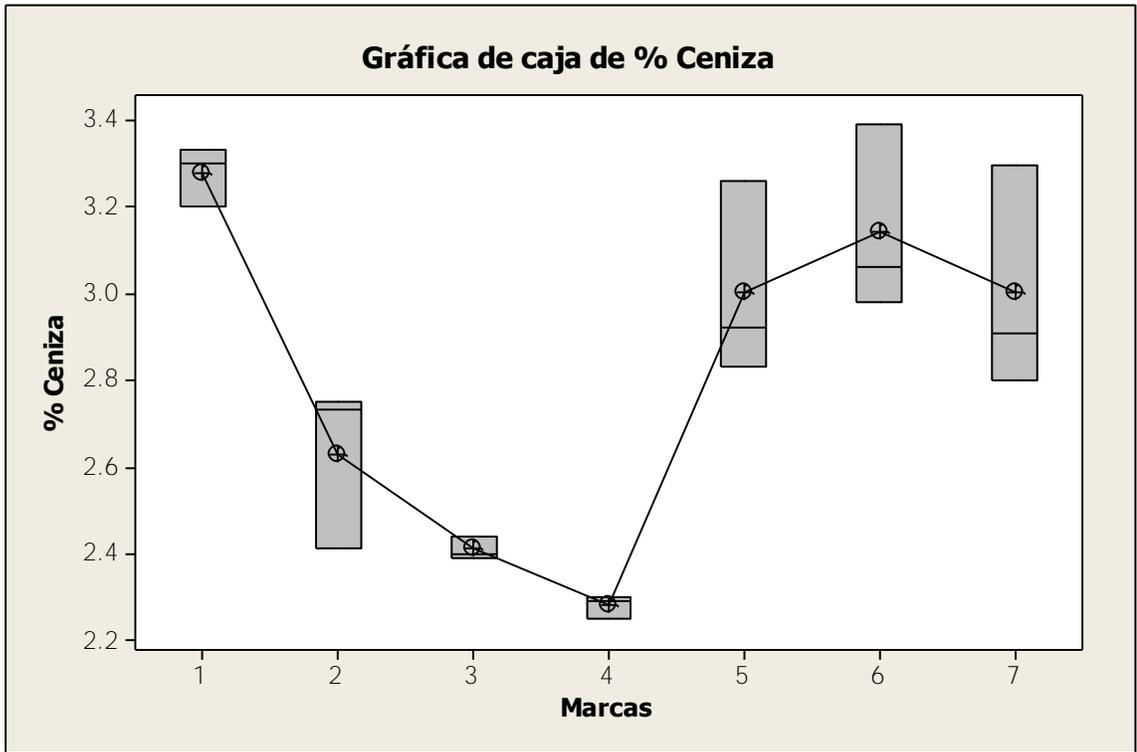


Figura 29. Gráfica de Caja %Ceniza vs Marca

En la Figura 29 se muestra la gráfica de caja del % de ceniza, observando que el porcentaje más elevado de cenizas la tuvo la marca 1 (3.3%) y la que menor porcentaje tuvo fue la marca 4 (2.3%). La prueba de ANOVA para este nutriente muestra que hay una diferencia estadísticamente significativa siendo  $p=0.0$ .

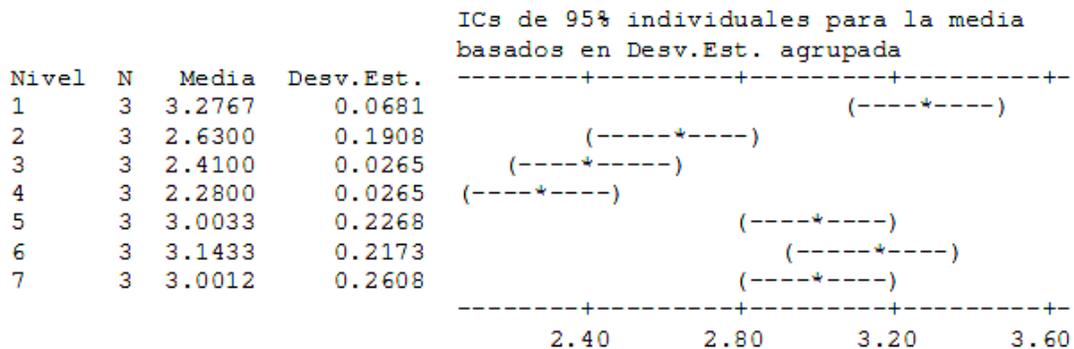


Figura 30. Diferencia Existente entre %Ceniza y Marcas

En la Figura 30 se aprecia la forma en la que se interceptan los intervalos de valores del % de ceniza de las marcas estudiadas, observando que las marcas que estadísticamente guardaron semejanza con respecto al contenido de ceniza fueron las marcas 1, 2, 5, 6 y 7 (3.3, 2.6, 3.0, 3.1 y 3.0% respectivamente) las cuales fueron las que mayor contenido de ceniza presentan, mientras que las marcas 3 y 4 (2.4 y 2.3%) que contenían los valores más bajos y estadísticamente presentaron el mismo porcentaje de ceniza.

Los valores experimentales obtenidos de % de cenizas estuvieron entre 2.3 y 3.3, el coeficiente de variación que fue casi nulo, lo cual refleja la confiabilidad de estos valores. En la NOM-131-SSA1-1995 no se especifica el contenido total permitido de cenizas, sin embargo, al comparar este rango con los resultados del trabajo realizado por Baez (1993) quien obtuvo valores de 2.3 a 3.4% (Baez, 1993), los valores experimentales obtenidos del presente trabajo pueden ser tomados como confiables al ser muy similares entre sí y con la referencia.

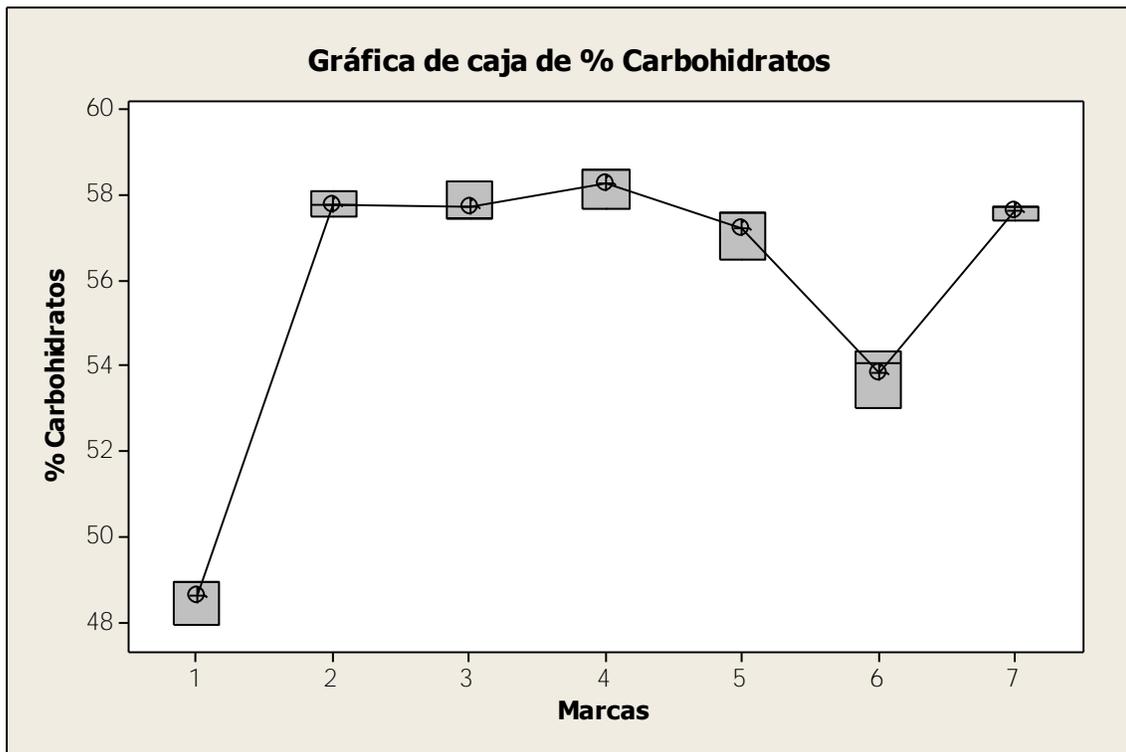
➤ Carbohidratos (Lactosa)

En la Tabla 32 se presentan los valores de desviación estándar y coeficiente de variación de los valores obtenidos experimentalmente con respecto a los valores estipulados en la etiqueta de cada una de las marcas de fórmulas para lactantes analizadas.

**Tabla 32. Desviación Estándar y Coeficiente de Variación entre Valores de % Carbohidratos Experimentales y Valor de Etiqueta**

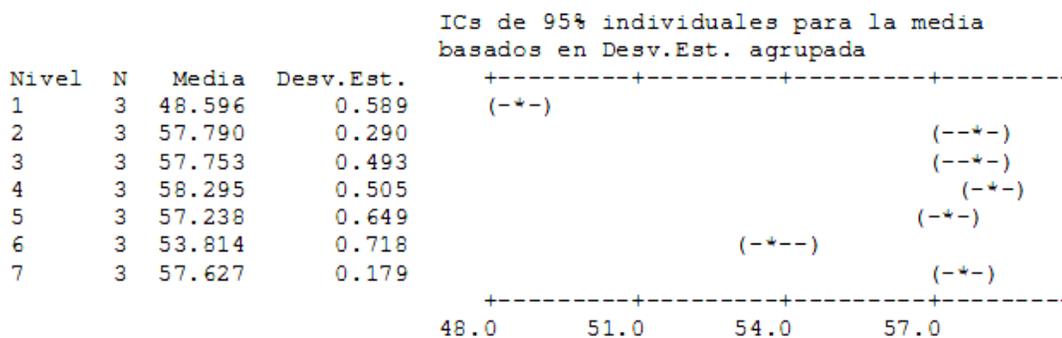
Fórmula p/lactantes	Carbohidratos			
	% Experimental	% Etiqueta	S	C.V.
1	48.6	55.0	-4.5	0.1
2	57.8	57.5	0.2	0.0
3	57.8	58.9	-0.8	0.0
4	58.3	58.0	0.2	0.0
5	57.2	57.9	-0.5	0.0
6	53.8	53.0	0.6	0.0
7	57.6	57.7	0.0	0.0

En la tabla anterior se puede observar que las marcas 1, 3 y 5 se encontraron por debajo del contenido de carbohidratos que se mostraba en la etiqueta, con una variación de 4.5, 0.8 y 0.5% menos de carbohidratos, respectivamente. Las marcas que se encontraron por encima de lo que la etiqueta muestra fueron la 2, 4 y 6 con 0.2% más de carbohidratos para las primeras dos marcas mencionadas y 0.6% más de carbohidratos para la marca 6. La única marca que mostró no tener diferencia alguna y que contenía el mismo porcentaje de este nutriente que se especificaba en su etiqueta fue la 7.



**Figura 31. Gráfica de Caja % Carbohidratos (%Lactosa) vs Marca**

En la Figura 31 se muestra la gráfica de caja de % de carbohidratos (% Lactosa), donde se observa el porcentaje más elevado de este nutriente, el cual la tuvo la marca 4 (58.3%) y la que menor porcentaje tuvo fue la marca 1 (48.6%). Ya que el valor de p fue menor que el nivel de significación (0.05 %), existe una diferencia estadísticamente significativa al tener 0% de semejanza entre las medias de las marcas para lactantes analizadas.



**Figura 32. Diferencia Existente entre %Carbohidratos (%Lactosa) y Marcas**

En la Figura 32 se puede observar las interacciones existentes entre los intervalos de valores de % carbohidratos (% Lactosa) de las marcas antes mencionadas. Las marcas que guardaron semejanza entre sus valores fueron las marcas 2, 3, 4, 5 y 7 (57.8% para las primeras dos mencionadas, 58.3, 57.2 y 57.6%, respectivamente) las cuales fueron las que mayor contenido de este nutriente presentaron.

Los valores de % de carbohidratos obtenidos experimentalmente fueron de 48.6 a 58.3%, en la NOM-131-SSA1-1995 no especifica nada al respecto, por lo que se realiza la comparación de este rango con lo que establece el CODEX STAN 72-1981. Como se muestra en la Tabla 33, el contenido de carbohidratos en las fórmulas analizadas es aceptable al entrar en el rango estipulado por dicha norma el cual es de 46.9 a 73.0% de carbohidratos (9.0 a 14.0 g/100 kcal).

**Tabla 33. Comparativo entre % Carbohidratos Experimental y lo Establecido en la NOM-131-SSA1-1995.**

Fórmula p/lactantes	% Carbohidratos obtenidos Experimentalmente	% Carbohidratos según el CODEX STAN 72-1981
1	48.6	Mínimo 46.9  Máximo 73.0
2	57.8	
3	57.8	
4	58.3	
5	57.2	
6	53.8	
7	57.6	

### Análisis Microbiológico

En cuanto al conteo microbiológico en las fórmulas para lactantes, en la Tabla 25 (página 68) se confirma la ausencia de los microorganismos establecidos por la NOM-131-SSA1-1995 para todas las muestras ya que las pruebas para identificar la presencia de Mesófilos aerobios, *Staphylococcus aureus*, Coliformes totales y *Escherichia coli* resultaron negativas y se confirmó la ausencia de *Salmonella*.

Los microorganismos termofílicos (los cuales pueden presentarse en leches en polvo) pueden sobrevivir al secado por aspersión debido al enfriamiento causado por la condensación del agua, el polvo alcanza durante la aspersión sólo una temperatura aproximada de 70°C (Ellner, 2000); así que de acuerdo con los resultados obtenidos se puede decir que la materia prima que llega a las fábricas cumplió con los requisitos mínimos de higiene, el manejo de estas fórmulas fue el correcto, hubo suficiente limpieza en las instalaciones y el proceso de secado fue llevado a cabo en las condiciones correctas, de esta manera se asegura la calidad microbiológica en estas fórmulas para lactantes.

### Análisis de la Relación Caseína/Seroproteínas

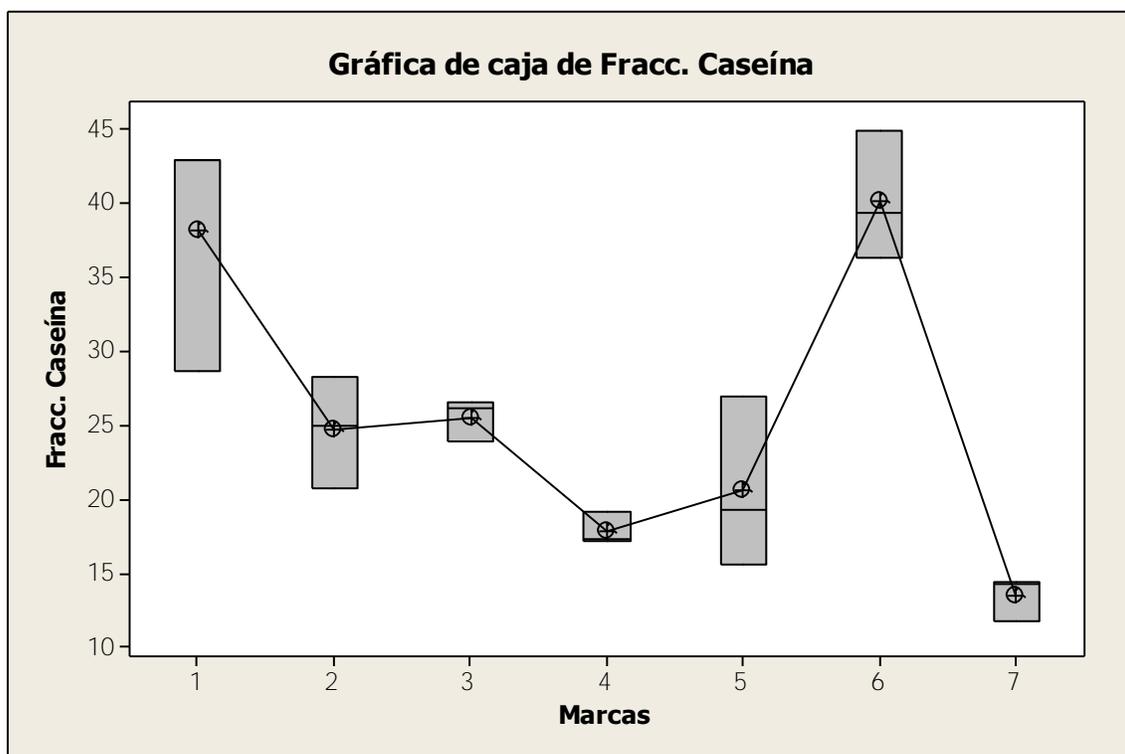
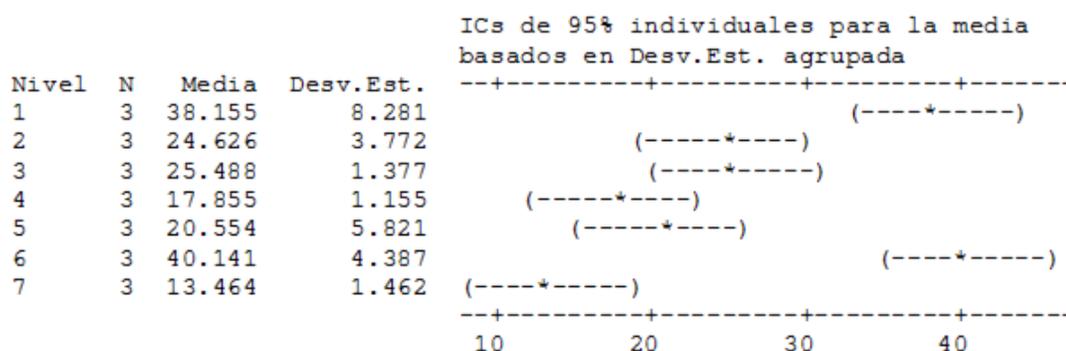


Figura 33. Gráfica de Caja de la Fracción de Caseína vs Marcas

En la Figura 33 se presenta la gráfica de caja de la fracción de caseína contenida en las diferentes marcas de fórmulas para lactantes. La marca con la mayor fracción de caseína fue la 6 (40%) y la menor fue la marca 7 (13%). De manera que la marca con mayora fracción de seroproteína fue la marca 7 (87%) y la de menor fracción es la 6 (60%). La prueba de ANOVA resultó significativa, tendiendo un valor de  $p=0.0$ ; es decir, un 0% de semejanza entre las medias de la fracción de caseína presente en las siete marcas de fórmulas para lactantes analizadas.



**Figura 34. Diferencia Existente entre la Fracción de Caseína y Marcas**

En la Figura 34 se observan las marcas que estadísticamente tuvieron la misma fracción de caseína. Las marcas que presentaron una mayor similitud en el contenido de esta proteína fueron la marca 2 y 3, 4, 5 y 7, y las marcas 1 y 6.

La cuantificación de caseína en las diferentes marcas de fórmulas para lactantes varió, obteniendo un rango de relación de caseína/seroproteínas de 13/87 a 40/60, cuando la relación recomendada de estas proteínas de leche (Moreno, 2001) es de 40/60.

Teniendo en cuenta que la relación caseína/proteínas séricas disminuye continuamente desde los primeros días: 10/90 hasta 45/55 en la leche madura, se ha demostrado que los índices de crecimiento en niños alimentados con fórmulas en las que predomina la caseína o proteínas séricas apenas difieren. Sin embargo, las fórmulas en las que las proteínas séricas son mayoritarias, presentan dos ventajas importantes: facilitación de un “cuajo” más suave y fino que se traduce en una mayor digestión y origina una flora intestinal más parecida a la de los niños amamantados (Sarria, 1998).

Los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron que sólo las marcas 1 y 6 contenían la relación presente en la leche materna madura. Las marcas 4 y 7 tuvieron una relación caseína/seroproteínas comparable con la encontrada en el calostro. Es claro que estas

fórmulas fueron balanceadas, mientras que en el resto de las fórmulas no fue así. En algunas, el porcentaje de seroproteínas llegó a ser del 87%.

Además de la importancia de que las fórmulas para lactantes tengan la relación recomendada de caseína/seroproteína para una buena nutrición del recién nacido, está también influencia de la estabilidad de la fórmula gracias a esta misma relación. Además, el contenido de proteínas y seroproteínas debe tenerse muy en cuenta en la adición de otros nutrientes, ya que conforme incrementa el porcentaje de estas, la cantidad de vitaminas solubles en agua y algunos minerales (especialmente el calcio) que se debe añadir a la fórmula para cumplir con las normas del Codex Alimentarius son mayores.

El modelo que representa la leche materna debe ser considerado como un objetivo inalcanzable para reproducirlo de una forma perfecta, y con mayor razón al tener un bajo porcentaje de lactantes amamantados en México, el cual es el 14.4% (Gonzales, 2013). Sin embargo, si los productos comercializados actualmente son relativamente satisfactorios, se puede ciertamente progresar aún más en los próximos años (Luquet, 1993).

## CONCLUSIONES

Las propiedades físicas determinadas estuvieron dentro de los parámetros de acuerdo a las especificaciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012 para una leche en polvo rehidratada descremada. Con respecto a esto y a los resultados de las propiedades fisicoquímicas, se puede decir que el proceso de secado por aspersion a la que fue sometida la leche para la obtención de las fórmulas para lactantes fue llevada bajo las condiciones adecuadas, reflejando así una buena calidad de estas.

Los valores experimentales en la cuantificación de proteína de las fórmulas para lactantes presentaron mínimas variaciones de acuerdo con el contenido estipulado en la etiqueta; con respecto a la NOM-131-SSA1-1995 cuatro de las marcas se encontraron dentro de lo que esta especifica, las otras dos presentaron una diferencia mínima y se puede decir que estas fórmulas para lactantes cumplieron con las especificaciones de dicha norma. Con respecto al contenido de Grasa, tres marcas rebasaron lo estipulado en la etiqueta, las demás se encontraron por debajo; sólo la marca 1 rebasó el límite máximo que especifica la norma NOM-131-SSA1-1995. En la cuantificación de carbohidratos sólo la marca 7 coincidió con lo que se indica en la etiqueta, tres marcas rebasaron por muy poco lo estipulado en esta y las demás lo rebasaron considerablemente; aún con estos resultados todas las marcas cumplieron con las especificaciones que pide la norma del CODEX STAN 243-2003.

Con respecto a los resultados obtenidos en la determinación de las especificaciones sanitarias, las fórmulas para lactantes no presentan riesgo alguno para la salud del lactante que es alimentado con estas fórmulas, reflejando así la elaboración de estos productos bajo las BPM y la aplicación de los sistemas de HACCP y el cumplimiento de las especificaciones en la NOM-131-SSA1-1995.

De acuerdo con los resultados de la relación caseína/seroproteínas, solo dos (marca 1 y 6) contenían la relación presente en la leche materna madura, puede decirse que estas son las que se recomendarían para el consumo del lactante. Dos fórmulas (marca 4 y 7) tuvieron una relación caseína/seroproteínas comparable con la encontrada en el calostro. Es claro que estas fórmulas fueron balanceadas, mientras que en el resto de las fórmulas no fue así. De cierta forma esto funciona como oportunidad a los fabricantes para diferenciar sus productos. Hay que tener en cuenta que la leche materna es un producto muy difícil de imitar, incluso es irremplazable en especial por los beneficios inmunológicos que provee para el lactante.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alais, C. 1996. *Ciencia de la Leche. Principios de Técnica Lechera*. Ed.CECSA.10ª ed. México. pp. 36, 54, 78, 90, 181-185.
2. American Dairy Products Institute (ADPI). 2002. *ADPI Bulletin 916, "Standards for Grades of Dry Milks"*. American Dairy Products Institute. U.S.A. pp. 3.
3. American Dairy Products Institute (ADPI).  
[www.dairyamerica.com/pdf/adpi\\_specs.pdf](http://www.dairyamerica.com/pdf/adpi_specs.pdf) Consulta: 2013.
4. Aranceta, J. 2004. *Leche, lácteos y salud*. Médica Panamericana. Madrid (España). pp. 9-12, 19, 21-22, 24.
1. Badui, S. D. 1993. *Química de los Alimentos*.Ed. Alhambra Mexicana. 3ª ed. Estado de México, México. pp. 581, 586, 593-594, 596-598, 603-604.
5. Baez, J. J. 1993. *Estudio Comparativo de Leches en Polvo para Lactantes*. Tesis de título de Químico Farmacéutico Biólogo. México. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 82, 84, 88-89.
6. Binaghi, M. J. 2002. "Estimación de Proteína Potencialmente Utilizable en Fórmulas Infantiles de Inicio para Neonatos Prematuros y de Término". *Arch. Latinoamer. Nutr.* Vol. 52 (1): 43-47.
7. Calderón, de la Barca A. M. 1996. *Composición de Proteínas de los Sucedáneos de la Leche Materna Más Utilizados y su Regulación Sanitaria*. *Salud Pública de México*. Vol. 38 (004): 268-275.
8. Calderón, de la Barca A. M. 2011. "Fórmulas para Lactantes". *Libro Blanco de la Leche y los Productos Lácteos*. Vol. 1. Ed. CANILEC. México. pp. 118-120.
9. CANILEC. *Producción de Leche*.  
[www.canilec.org.mx/prod\\_leche.html](http://www.canilec.org.mx/prod_leche.html) Consulta: 2014.
10. CANILEC. *Productividad de leche en el Mundo*.  
[www.canilec.org.mx/productividad.html](http://www.canilec.org.mx/productividad.html) Consulta: 2014.
11. Celis. M. & Juárez D. 2009. *Seminario de Procesos Fundamentales Físico-Químicos y Microbiológicos. Microbiología en la Leche. Especialización y Maestría en Medio Ambiente*. Laboratorio de Química. Universidad Tecnológica Nacional. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional-edUTecNe. Argentina. pp. 15.

12. CODEX STAN 72–1981. Norma para Preparados para Lactantes y Preparados para Uso Medicinales Especiales Destinados a los Lactantes.
13. CODEX STAN 243-2003. Norma del Codex para Leches Fermentadas.
14. CODEX STAN 281-1971. Norma del Codex para las Leches Evaporadas.
15. CODEX STAN 288-1976. Norma del Codex para las Natas (Cremas) y Natas (Cremas) Preparadas.
16. CODEX STAN 289-1995. Norma del Codex para Sueros en Polvo.
17. CODEX STAN 290-1995. Norma del Codex para los Productos a Base de Caseína Alimentaria.
18. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Atribuciones, Funciones y Características de la COFEPRIS.  
[www.cofepris.gob.mx/cofepris/Paginas/AtribucionesFuncionesYCaracteristicas.aspx](http://www.cofepris.gob.mx/cofepris/Paginas/AtribucionesFuncionesYCaracteristicas.aspx)  
Consulta: 2014.
19. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Normas Oficiales Mexicanas.  
[www.cofepris.gob.mx/MJ/Paginas/Normas-Oficiales-Mexicanas.aspx](http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Paginas/Normas-Oficiales-Mexicanas.aspx). Consulta: 2014.
20. Contreras, J. del C. C. 2008. *Utilidad de Indicadores de Pardeamiento Químico para el Control de Ingredientes y Fórmulas Infantiles*. Tesis Doctoral. Granada. Universidad de Granada. Facultad de Farmacia. Departamento de Nutrición y Bromatología. pp.18-19.
21. Dulce, E. 2005. *El Crecimiento de las Leches No Tradicionales en Argentina*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Subsecretaría de Política Agropecuaria y Alimentos, Dirección Nacional de Alimentos.  
[www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina\\_leche/71-leches\\_no\\_tradicionales.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_leche/71-leches_no_tradicionales.pdf) Consulta: 2013.
22. Early, R. 2000. *Tecnología de los productos lácteos*. Ed. Acribia. Zaragoza (España). pp. 263-364, 367.
23. Ellner, R. 2000. *Microbiología de la Leche y de los Productos Lácteos, Preguntas y Respuestas*. Ed. Díaz de Santos. Madrid (España). pp. 49-50.
24. Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires (FAUBA). Agronomía Informa. *Leches alternativas. Lechería Ovina*.  
[agro.faua.info/files/u1/lechsalternativas.pdf](http://agro.faua.info/files/u1/lechsalternativas.pdf) Consulta: 2012.

25. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2014. *Preventing E. coli in Food*. pp. 1, 3, 8.
26. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006. *Estudio Legislativo. Directrices en Materia de Legislación Alimentaria (Nuevo Modelo de Ley de Alimentos para Países de Tradición Jurídica Romano-Germánica)*.  
www.fao.org/docrep/012/a0862s/a0862s00.pdf Consulta: 2014.
27. García, M. 2007. “Lactancia Artificial: técnica, indicaciones, fórmulas especiales”. *Pediatr. Integral*. Vol. 9 (4): 318-326.
28. González, A. 2014. “Fórmulas lácteas, un mercado de tres marcas” [en línea]. *Manufactura Información Estratégica para la Industria*, 9 de mayo del 2014. Encontrado en: <http://www.manufactura.mx/industria/2014/05/09/formulas-lacteadas-un-mercado-de-tres-marcas> Consulta: noviembre 2014.
29. Gonzáles, de Cosío T. et. al. 2013. “Prácticas de la Alimentación Infantil y Deterioro de la Lactancia Materna en México”. *Salud Pública Méx.* México. Vol. 55 (2): S170:S179.
30. Grigioni, G. et al. 2007. “Color Changes of Milk Powder due to Heat Treatments and Season of Manufacture”. *Cienc. Tecnol. Aliment.* Vol. 5 (5): 335-339.
31. Grigioni, G. et al. 2007. Color de la Leche en Polvo. Lechería. Ed. Idia XXI. Año VII. Vol. 9 (diciembre): 135-137.
32. Hambraeus, L. 1977. “Proprietary milk versus human breast milk in infant feeding. A critical appraisal from the nutritional point of view”. *Pediatr. Clin. North. Am.* Vol. 24 (1): 17-36.
33. Hernández, A. G. 2006. “Bases para una Alimentación Complementaria Adecuada de los Lactantes y los Niños de Corta Edad”. *An. Pediatr.* Barcelona (España). Vol. 65 (5): 481-95.
34. Herr, G. E. 2007. *Cátedra de Tecnología de la Leche. Microbiología de la Leche. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Veterinarias.* Argentina. pp. 15.  
www.fcv.unl.edu.ar/archivos/grado/catedras/tecnologialeche/informacion/microbiologia.pdf Consulta: 2004.
35. Howirtz, W. 2000. *Official Methods of Analysis*. Vol. II. 17<sup>a</sup> Ed. AOAC International. EE.UU. pp.61.
36. Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). *Canasta Básica Mexicana 2014*.

elinpc.com.mx/canasta-basica-mexicana/ Consulta: 2014

37. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. *Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica 2009: Panorama Sociodemográfico de México: Principales Resultados*. Consejo Nacional de la Población (CONAPO). México. pp. 46.
38. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. *Mujeres y Hombres en México 2009*. 13<sup>a</sup> ed. México. pp. 123.
39. Kneifel, W. et al. 1992. "Tristimulus Colour Reflectance Measurement of Milk and Dairy Products". *Elsevier/INRA*. Vol. 72: 383-391.
40. Lien, E. L. 2003. "Infant Formulas with Increased Concentrations of  $\alpha$ -lactoalbumin". *Am. J. Clin. Nutr.* Vol. 77 (6):1555S-15558S.
41. Lloyd, B. 2008. "Aplicación de Productos de Suero Lácteo en Fórmulas Infantiles". *Mundo Lácteo y Cárnico*. Julio/Agosto: 6-10.
42. Luquet, F. M. 1991. *Leche y productos lácteos: vaca, oveja y cabra (T. I): La leche. De la mama a la lechería*. Ed. Acribia. Zaragoza (España). pp. 3-8.
43. Luquet, F. M. 1993. *Leche y productos lácteos: vaca, oveja y cabra (T. II): Los productos lácteos. Transformación y tecnología*. Ed. Acribia. Zaragoza (España). pp. 454-458.
44. Maza, M. P. & Legorreta, P. C. 2011. "Generalidades de la Leche y los Productos Lácteos". *Libro Blanco de la Leche y los Productos Lácteos*. Vol. 1. Ed. CANILEC. México. pp. 26-39.
45. Moncada, A. J. & Pelayo, B. H. C. 2011. "Análisis Químico, Biológico y Físicoquímico de la Leche: Calidad y Contenido Nutricional". *Libro Blanco de la Leche y los Productos Lácteos*. Vol. 1. Ed. CANILEC. México. pp. 72, 75-76.
46. Moncada, A. J. & Pelayo, B. H. C. 2011. "El Proceso Industrial de los Productos Lácteos". *Libro Blanco de la Leche y los Productos Lácteos*. Vol. 1. Ed. CANILEC. México. pp. 52-53, 58.
47. Moreno, J. M. V. 2001. "Guías Prácticas sobre Nutrición. Alimentación en el Lactante Fórmula para Lactantes Sanos". *An. Esp. Pediatr.* Vol. 54 (2): 147-150.
48. Moreno, J. M. V. 2006. "Recientes Avances en Fórmulas Infantiles". *Rev. Pediatr. Aten. Primaria*. Vol. 8 (1): 37-49.
49. Muir, D.D. 2000. *Tecnología de los productos lácteos. Aspectos bioquímicos y valor nutritivo de la leche*. Ed. Acribia. Zaragoza (España). pp. 364-375.

50. Norma Mexicana NMX-F-183-1986. Alimentos-Lácteos- Determinación del Índice de Insolubilidad de la Leche en Polvo.
51. Norma Mexicana NMX-F-204-1986. Alimentos-Lácteos-Determinación de Partículas Quemadas en la Leche en Polvo.
52. Norma Mexicana NMX-F-424-S-1982. Productos Alimenticios Para Uso Humano- Determinación de la Densidad en Leche Fluida.
53. Norma Mexicana NMX-F-703-COFOCALEC-2004. Sistema Producto Leche-Alimentos-Lácteos-Leche y producto lácteo (o alimento lácteo)-Fermentado o acidificado- Denominaciones, especificaciones y métodos de prueba.
54. Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, Servicios Básicos de Salud. Promoción y Educación para la Salud en Materia Alimentaria. Criterios para Brindar Orientación.
55. Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Alimentos y Bebidas No Alcohólicas con Modificaciones en su Composición. Especificaciones Nutrimientales.
56. Norma Oficial Mexicana NOM-131-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos para lactantes y niños de corta edad. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
57. Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
58. Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
59. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2005. *Estudios de la OCDE sobre los Sistemas de Salud: México*. Secretaría de Salud. pp. 73.
60. Organización Mundial de la Salud (OMS). 2001. “Estrategia Mundial para la Alimentación del Lactante y del Niño Pequeño. Duración Óptima de la Lactancia Materna Exclusiva”. *54ª Asamblea Mundial de la Salud*. Ginebra (Suiza). pp. 3.
61. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1981. FAO CORPORATE DOCUMENT REPOSITORY. Contenido en Aminoácidos de los alimentos y Datos Biológicos sobre las Proteínas. Leche y Productos Lácteos. Encontrado

- en: <http://www.fao.org/docrep/005/AC854T/AC854T51.htm#chI.I.10> Consulta: noviembre 2014.
62. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2011. *Perspectivas Alimentarias. Análisis de los Mercados Mundiales*. División de Comercio y Mercados de la FAO. pp. 10.
  63. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2013. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Milk and Dairy Products as Part of the Diet. FAO. Roma. pp. 45-46, 107-108.
  64. Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), 2005. *Brújula de Compra. Cómo Medir el Precio de los Básicos*.  
[www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj\\_2005/b01\\_canastabasica.asp](http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2005/b01_canastabasica.asp) Consulta: 2013.
  65. Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). 2005. “Fórmulas para Lactantes”. *Revista del Consumidor*. Mayo: 22-27.
  66. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-193-SCFI-2013, Crema y cremas preparadas. Especificaciones y métodos de prueba. Secc. 4.
  67. Ribas, S. M; et al. 2007. “Fórmulas para lactantes sanos: Principales Novedades de la Directiva 2006/141/CE sobre Preparados para Lactantes y Preparados de continuación”. *Acta Pediatr. Esp*. Vol. 65 (8): 391-403.
  68. Ronayne, de Ferrer P. A. 1995. “Pasado y presente en el diseño de fórmulas infantiles”. *Arch. Latinoamer. Nutr*. Vol. 1 (45): 265-273.
  69. Sarria, R. B. *Efectos del Tratamiento Térmico de Fórmulas Infantiles y Leche de Vaca sobre Biodisponibilidad Mineral y Proteica*. Tesis Doctoral. Madrid. Universidad Complutense de Madrid. 1998.
  70. Secretaría de Economía (SE). *Catálogo Mexicano de Normas*.  
[www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/catalogo-mexicano-de-normas](http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/catalogo-mexicano-de-normas) Consulta: 2014.
  71. Secretaría de Salud (SSA). *Catálogo Mexicano de Normas*.  
[www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/catalogo-mexicano-de-normas](http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/catalogo-mexicano-de-normas) Consulta: 2014.
  72. Secretaría de Salud (SSA). 1984. *Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud*.

- [www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.html](http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.html) Consulta: 2014.
73. Secretaría de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA. *Boletín de Leche octubre-diciembre de 2013*. pp.8.
74. Sokolow, W. A. A. 1982. *Fabricación de Productos Lácteos*. Ed. Acribia. Zaragoza (España). pp. 285.
75. Trabazo, R. L. et al. 2001. “Guías Prácticas sobre Nutrición. Alimentación en el Lactante. Lactancia Materna”. *An.Esp.Pediatr.* España. Vol. 54 (2): 145-147.
76. Veisseyre, R. 1980. *Lactología Técnica. Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche*. Ed. Acribia. España. pp. 2.
77. Weaver, C & Wijesinha-Bettoni, R; et al. 2013. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition. Milk and Dairy Products as Part of the Diet*. FAO. Roma. pp. 107-108.