

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**TESIS**

**“Efecto de la fortificación de la leche pasteurizada y queso andino con pirofosfato férrico liposomal, ácido ascórbico y retinol en los niveles de hemoglobina y aceptabilidad en niños entre 5 a 10 años”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Kevin Junior, GÓMEZ HUAMANI**

**Bach. John Jairon, TERRES QUISPE**

**ASESOR: Dr. Juan Carlos, PONCE RAMÍREZ**

Tesis para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2023**

## DEDICATORIA

Dentro de nuestro recorrido por la vida nos pudimos darnos cuenta de que hay muchas cosas para lo que somos buenos, encontramos destrezas y habilidades que jamás pensamos se desarrollasen en nosotros; pero lo realmente importante es que pudimos descubrir que por más que disfrutemos trabajar solos, siempre obtendremos un mejor resultado si lo realizamos con la ayuda y compañía perfecta, que dentro del desarrollo de esta tesis se presentaron muchos momentos en los cuales pareciera que los deberes y compromisos fueran a acabar por completo, pero también entendimos en ese justo momento de dificultad, que la ayuda idónea llega cuando nosotros lo solicitamos.

Por esto mismo queremos dedicar esta tesis a Dios, a nuestros padres, familia y amistades, esas personas que estuvieron apoyándonos en cada decisión que tomáramos, tuvieron paciencia y entrega para nosotros, a esas personas le dedicamos y agradecemos, porque gracias a ustedes hoy podemos con alegría presentar y disfrutar de esta tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Al concluir una etapa tan maravillosa de nuestras vidas queremos extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a nosotros caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza.

Esta mención especial es para Dios, nuestros padres, hermanos y amigos. Muchas gracias a ustedes, por demostrarnos que “El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere”.

Nuestra eterna gratitud a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y a la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias por habernos acogido durante los 5 años de estudio, porque en sus aulas, recibimos el conocimiento intelectual y humano de cada uno de los docentes y personal administrativo.

Nuestro agradecimiento sincero al asesor de nuestra tesis, Dr. Juan Carlos Ponce Ramírez, quien con su apoyo y enseñanzas constituyen la base de nuestra vida profesional.

## RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis fue “Determinar el efecto de la fortificación en derivados lácteos con Pirofosfato férrico liposomal microencapsulado, ácido ascórbico y retinol en el incremento de los niveles de hemoglobina y aceptabilidad en niños menores de 10 años”.

En la metodología se determinó la composición químico proximal y físico química de la leche, leche pasteurizada y de queso andino fortificado. Se optimizó las variables X1(Pirofosfato férrico liposomal), X2 (Ácido ascórbico) y X3(Retinol), bajo la metodología de superficie de respuesta - método Box-Behnken, con 15 tratamientos; con las que se maximizó la concentración de hierro y la aceptabilidad. Con las variables optimizadas se suministró por 30 días leche pasteurizada y queso andino a dos grupos de niños, correspondiente al grupo de riesgo de la Municipalidad de San Juan Bautista y la Municipalidad de Carmen Alto.

En **resultados** la leche pasteurizada alcanzó una humedad 87,15%, proteínas 3,22%, grasa 3,49%, ceniza 0,62% e hidratos de carbono 5,61%, pH 6,70, acidez titulable 0,17% de ácido láctico, densidad 1.027 g/mL y sólidos totales 12.76. Para el queso andino se determinó humedad 44,55%, proteínas 19,58%, grasa 29,08%, ceniza 4,55% e hidratos de carbono 5.61%; pH 6,00, acidez titulable 6,15% de ácido láctico y sólidos totales 57,71.

En leche pasteurizada la máxima concentración de hierro (15,77 mg Fe/100 mL) se alcanzó con las variables optimizadas X1: 140,00 mg de Pirofosfato férrico liposomal, X2: 75,00 mg de ácido ascórbico y X3: 600,00 mcg de retinol, resultando que la variable de Pirofosfato férrico liposomal tiene efecto significativo positivo en la concentración de hierro. Para la máxima Aceptabilidad de leche pasteurizada (6,00 Me gusta mucho), se alcanzó con las variables optimizadas X1: 130,76 mg de Pirofosfato férrico liposomal, X2: 66,10 mg de ácido ascórbico y X3: 554,41 mcg de

retinol, resultando que ninguna variable en estudio tiene efecto significativo en la aceptabilidad.

En queso andino la máxima concentración del hierro (18,99 g Fe/100 g), se alcanzó con X1: 139,93 mg de Pirofosfato férrico liposomal, X2: 75,00 mg de ácido ascórbico y X3: 599,95 mcg de retinol. La máxima Aceptabilidad (6,36 Me gust amucho) se alcanzó con 137,27 mg Pirofosfato férrico liposomal, 55,00 mg de ácido ascórbico y 560,54 mcg de retinol, resultando que la variable cuadrática A (Pirofosfato férrico liposomal) y la interrelación AB(Pirofosfato férrico liposomal y ácido ascórbico) tienen efectos significativos en la concentración de hierro y en la aceptabilidad en leche pasteurizada y en el queso andino.

Los niveles de hemoglobina promedio inicial en el grupo de referencia 1 para leche fortificada optimizados fue de 10,4 g He/dL alcanzando valores después de 45 días de 11,7 g He/dL utilizando Pirofosfato férrico liposomal (130,76 mg), ácido ascórbico (66,10 mg) y retinol (554.41 mcg), se logró un efecto estadístico significativo positivo alcanzando un incremento del 12,70% (1,32 g,  $p>0.05$ ). Para queso andino fortificado con Pirofosfato férrico liposomal (137,27 mg), ácido ascórbico(55,00 mg) y retinol (560.54 mcg) correspondiente al grupo 2 el valor inicial de hemoglobina fue de 10,1 g He/dL alcanzando valores después de 45 días de 12,0 g He/dL logrando un efecto estadístico significativo positivo al incrementar un 18,50% (1,87 g,  $p>0.05$ ), de acuerdo con estos resultados la leche fortificada y el queso andino fortificado optimizados se logró un incremento de hemoglobina positivo en los niños en estudio.

En **conclusión**, se determinó el mejor resultado con el queso andino fortificado optimizado lográndose un mayor incremento de hemoglobina positivo del 18,50% en los niños en estudio.

## ABSTRACT

Dairy derivatives are widely accepted by children and their consumption is increasing, being a potential food vehicle for food fortification (Ramírez-Navas & Stouvenel, 2011). The main objective of this thesis was “To determine the effect of fortifying dairy products with microencapsulated liposomal ferric pyrophosphate, ascorbic acid and retinol on the increase in hemoglobin levels and acceptability in children under 10 years of age”.

In the methodology, the proximal chemical and physical chemical composition of milk, pasteurized milk and fortified Andean cheese was determined. The variables X1 (liposomal ferric pyrophosphate), X2 (Ascorbic acid) and X3 (Retinol) were optimized, under the response surface methodology - Box-Behnken method, with 15 treatments; with which the iron concentration and acceptability were maximized. With the optimized variables, pasteurized milk and Andean cheese were supplied for 45 days to two groups of children corresponding to the risk group of the Municipality of San Juan Bautista and the Municipality of Carmen Alto.

In results, pasteurized milk reached 87.15% humidity, 3.22% protein, 3.49% fat, 0.62% ash and 5.61% carbohydrates, pH 6.70, 0.17% titratable acidity. of lactic acid, density 1.027 g/mL and total solids 12.76. For the Andean cheese, 44.55% humidity, 19.58% protein, 29.08% fat, 4.55% ash and 5.61% carbohydrates were determined; pH 6.00, titratable acidity 6.15% lactic acid and total solids 57.71.

In pasteurized milk, the maximum concentration of iron (15.77 mg Fe/100 mL) was reached with the optimized variables X1: 140.00 mg of liposomal ferric pyrophosphate, X2: 75.00 mg of ascorbic acid and X3: 600.00 mcg of retinol, resulting in the variable liposomal ferric pyrophosphate having a significant positive effect on iron concentration. For the maximum acceptability of pasteurized milk (6.00 units), it was reached with the optimized variables X1: 130.76 mg of liposomal ferric

pyrophosphate, X2: 66.10 mg of ascorbic acid and X3: 554.41 mcg of retinol, resulting that no variable under study has a significant effect on acceptability.

In Andean cheese, the maximum concentration of iron (18.99 g Fe/100 g) was reached with X1: 139.93 mg of liposomal ferric pyrophosphate, X2: 75.00 mg of ascorbic acid and X3: 599.95 mcg of retinol. The maximum Acceptability (6.36 points) was reached with 137.27 mg liposomal ferric pyrophosphate, 55.00 mg of ascorbic acid and 560.54 mcg of retinol, resulting in the quadratic variable A(liposomal ferric pyrophosphate) and the interrelation AB (liposomal ferric pyrophosphate and ascorbic acid) have significant effects on iron concentration and acceptability in pasteurized milk and Andean cheese.

Initial average hemoglobin levels in reference group 1 for optimized fortified milk was 10.4 g He/dL reaching values after 45 days of 11.7 g He/dL using liposomal ferric pyrophosphate (130.76 mg), ascorbic acid (66.10 mg) and retinol (554.41 mcg), a positive statistically significant effect was achieved, reaching an increase of 12.70% (1.32 g,  $p>0.05$ ). For Andean cheese fortified with liposomal ferric pyrophosphate (137.27 mg), ascorbic acid (55.00 mg) and retinol (560.54 mcg) corresponding to group 2, the initial hemoglobin value was 10.1 g He/dL, reaching values after of 45 days of 12.0 g He/dL achieving a significant positive statistical effect by increasing 18.50% (1.87 g,  $p>0.05$ ), according to these results the optimized fortified milk and fortified Andean cheese were achieved a positive increase in hemoglobin in the children under study.

In conclusion, the best result was determined with the optimized fortified Andean cheese, achieving a greater increase in positive hemoglobin of 18.50% in the children under study.

# INDICE

<b>I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<i>Objetivo general</i>	3
<i>Objetivos específicos:</i>	3
<b>II MARCO TEORICO.....</b>	<b>4</b>
2.1 ANEMIA.....	4
2.1.1 <i>Prevalencia de anemia en Perú</i>	5
2.1.2 <i>Causas de la anemia</i>	8
2.2 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN LA DIETA DE LOS NIÑOS.....	9
2.2.1 <i>Hierro</i>	11
2.2.2 <i>Vitamina A</i>	14
2.2.3 <i>Vitamina C</i>	16
2.3 FORTIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS.....	18
2.3.1 <i>Etapas para la fortificación con hierro los alimentos</i>	19
2.3.2 <i>Compuestos de hierro usados en la fortificación de alimentos</i>	19
2.3.3 <i>Mejoradores de la adsorción del hierro</i>	22
2.4 PRODUCTOS CON HIERRO FORTIFICADO.....	23
2.4.1 <i>Existentes en el mercado</i>	23
2.4.2 <i>Productos con perspectivas a entrar en el mercado</i>	25
2.4.3 <i>Fortificación de alimentos con pirofosfato férrico</i>	25
2.5 MICRO ENCAPSULACIÓN.....	26
2.5.1 <i>Micro encapsulación del hierro</i>	27
2.5.2 <i>Métodos de encapsulación de hierro</i>	29
2.6 DERIVADOS LÁCTEOS COMO VEHÍCULOS PARA LA FORTIFICACIÓN.....	33
2.6.1 <i>La leche pasteurizada</i>	33
2.6.2 <i>Queso andino</i>	38
2.7 TECNOLOGÍA DE MICROENCAPSULACIÓN LIPOSOMAL DE MINERALES.....	41
2.7.1 <i>Pirofosfato férrico liposomal</i>	42
<b>III MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>43</b>
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	43
3.2 MATERIA PRIMA.....	43
3.3 INSUMOS.....	43
3.4 MATERIALES.....	44
3.5 REACTIVOS.....	45
3.6 EQUIPOS.....	45
3.7 DISEÑO METODOLÓGICO.....	46
3.7.1 <i>Tipo de investigación</i>	46
3.7.2 <i>Nivel de investigación</i>	46
3.7.3 <i>Análisis químico proximal y físico químico</i>	46
3.7.4 <i>Optimización de las variables por superficie de respuesta.</i>	46
3.7.5 <i>Evaluación de los tratamientos optimizados</i>	50
3.8 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	52



3.8.1	<i>Diseño para la optimización de la leche pasteurizada y queso andino</i>	52
3.8.2	<i>Diseño para las variables respuestas optimizadas</i>	54
3.9	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	55
3.10	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	56
3.11	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	56
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>57</b>
4.1	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA LECHE .....	57
4.2	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA LECHE .....	59
4.3	OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES POR SUPERFICIE DE RESPUESTA .....	60
4.3.1	<i>Concentración de hierro en leche pasteurizada fortificada</i>	61
4.3.2	<i>Aceptabilidad en leche pasteurizada fortificada</i>	64
4.3.3	<i>Concentración de hierro en queso andino fortificado</i>	68
4.3.4	<i>Aceptabilidad en queso andino fortificado</i>	71
4.3.5	<i>Características químicas y físico química de leche pasteurizada y queso andino optimizados.</i>	74
4.3.6	<i>Efecto de la leche fortificado en los niveles de hemoglobina</i>	76
4.3.7	<i>Efecto del queso andino en los niveles de hemoglobina</i>	79
4.3.8	<i>Niveles de hemoglobina alcanzados con leche fortificada y queso andino en niños</i>	82
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>85</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>87</b>
<b>VI</b>	<b>ANEXO.....</b>	<b>95</b>

## Lista de tables

<b>Tabla 1</b> Límites de hemoglobina utilizados para definir la anemia, basados en las recomendaciones de WHO/UNICEF/UNU. ....	8
<b>Tabla 2</b> Ingesta diaria de vitaminas (A, C) minerales (Ca, Fe).....	10
<b>Tabla 3</b> Ingesta nutricional de Fe recomendada según biodisponibilidad en tipos de régimen alimentario (mg/día). ....	11
<b>Tabla 4</b> Composición química proximal de la leche entera de bovino y pasteurizada (g/100 g de producto). ....	34
<b>Tabla 5</b> Composición química del queso y queso andino (g/100 g de producto). ...	39
<b>Tabla 6</b> Niveles de las variables del proceso – Diseño Box-Behnken. ....	52
<b>Tabla 7</b> Diseño experimental codificado de las variables del proceso. ....	54
<b>Tabla 8</b> Composición químico proximal de la leche de vaca (por 100 g). ....	57
<b>Tabla 9</b> Composición fisicoquímica de la leche de vaca. ....	59
<b>Tabla 10</b> Resultados de las variables respuestas de leche pasteurizada fortificada. ....	60
<b>Tabla 11</b> ANVA para la maximización del contenido de hierro en leche pasteurizada. ....	62
<b>Tabla 12</b> Valores óptimos para la maximización de la concentración de hierro en leche pasteurizada.....	64
<b>Tabla 13</b> ANVA para la maximización de la aceptabilidad en leche pasteurizada fortificada. ....	66
<b>Tabla 14</b> Valores óptimos para la aceptabilidad en leche pasteurizada fortificada..	67
<b>Tabla 15</b> Resultados de las variables respuestas en queso andino fortificado. ....	68
<b>Tabla 16</b> ANVA de la maximización de la concentración de hierro en queso andino fortificado. ....	69
<b>Tabla 17</b> Valores óptimos para la concentración de hierro en queso andino fortificado. ....	71
<b>Tabla 18</b> ANVA de la maximización de la aceptabilidad en queso andino fortificado. ....	72
<b>Tabla 19</b> Valores óptimos para la aceptabilidad en queso andino fortificado. ....	74
<b>Tabla 20</b> Composición química de la leche pasteurizada y queso andino. ....	74
<b>Tabla 21</b> Composición físico química de la leche pasteurizada y queso andino. ....	75
<b>Tabla 22</b> Prueba t de student en leche pasteurizada para muestras relacionadas. ....	78
<b>Tabla 23</b> Prueba t de student en queso andino para muestras relacionadas.....	81
<b>Tabla 24</b> Comparación entre el incremento de hemoglobina entre productos. ....	82

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Situación actual de la anemia y desnutrición en el Perú.....	5
<b>Figura 2</b> Las posibles causas de la anemia que incluyen.....	9
<b>Figura 3</b> Microencapsulación de hierro .....	29
<b>Figura 4</b> Microencapsulación liposomal. ....	31
<b>Figura 5</b> Diagrama de flujo de la elaboración de leche pasteurizada fortificada. ....	48
<b>Figura 6</b> Diagrama de flujo de elaboración de queso andino fortificado. ....	49
<b>Figura 7</b> Superficie de respuesta de concentración de hierro en leche pasteurizada. .....	61
<b>Figura 8</b> Diagrama de Pareto del efecto estandarizado del hierro.....	63
<b>Figura 9</b> Superficie de respuesta de la aceptabilidad en leche pasteurizada.....	65
<b>Figura 10</b> Diagrama de Pareto del efecto de las variables es la aceptabilidad. ....	66
<b>Figura 11</b> Superficie de respuesta de la concentración de hierro en queso andino fortificado.....	69
<b>Figura 12</b> Diagrama de Pareto del efecto de las variables es la concentración de hierro en queso andino.....	70
<b>Figura 13</b> Superficie de respuesta de la aceptabilidad en queso andino fortificado. .....	72
<b>Figura 14</b> Diagrama de Pareto del efecto de las variables en la aceptabilidad del queso andino fortificado.....	73
<b>Figura 15</b> Variación de los niveles de hemoglobina en niños por consumo de leche pasteurizada.....	77
<b>Figura 16</b> Variación de los niveles de hemoglobina en niños por consumo de queso andino.....	80
<b>Figura 17</b> Comparación del incremento de hemoglobina por producto.....	83

## I INTRODUCCIÓN

Los resultados preliminares de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES), en el año 2020 se registró un 45% de anemia en la región Ayacucho, en el 2021 se registró un 49.8% y en el 2022 se espera reducir la anemia en un 9% a través de la política regional Incluir para Crecer, Ayacucho rumbo al Bicentenario propuesta por el ex gobernador regional de Ayacucho, Carlos Rúa Carbajal (Portal-Ayacucho, 2022); sin embargo los resultados preliminares no son alentadores, a pesar de que se viene promoviendo alimentos fortificados como las galletas NutriH y el chocolate anti anémico.

La "fortificación de alimentos es una estrategia prometedora para reducir la prevalencia de anemia (Kumar, Anukiruthika, Dutta, Kashyap, & Moses, 2020), son una alternativa para mejorar las deficiencias en nutrientes por lo que en la actualidad la deficiencia de hierro continúa siendo uno de los principales problemas de salud basado en una inadecuada nutrición, fundamentalmente en niños y madres gestantes que pertenecen a los estratos sociales de bajos recursos económicos. Por consiguiente, la fortificación de alimentos, se ha implementado como una estrategia durante un largo período de tiempo en países industrializados, para controlar las deficiencias de vitaminas (A, D, Tiamina, Riboflavina y Niacina), así como yodo y hierro" ([www.erp.untumbes.edu.pe](http://www.erp.untumbes.edu.pe)). Coexistiendo alimentos frecuentemente disponibles como cereales, productos panarios, lácteos, bebidas y condimentos, resultando los mejores vehículos para la fortificación con hierro (Yaxing, 2021).

Por ello en el presente proyecto de investigación propone como objetivo Determinar el efecto de la fortificación en leche pasteurizada y queso andino con Pirofosfato férrico liposomal, ácido ascórbico y retinol en la aceptabilidad en los niveles de hemoglobina en niños entre 5 a 10 años en el distrito de San Juan Bautista y en el distrito de Carmen Alto, Ayacucho"

La propuesta de emplear derivados lácteos se fundamenta en que “se ha demostrado que la leche en polvo fortificada con hierro ha mostrado un buen impacto en los niños pequeños (Hurrell, 2021). Además, se encontró que la incorporación de hierro hemo completaría la eficacia del hierro mediante el enriquecimiento” ([www.erp.untumbes.edu.pe](http://www.erp.untumbes.edu.pe)). Asimismo, la existencia de ácido ascórbico, ácido láctico y alcohol incitan la absorción de hierro en alimentos (Milman, 2020).

### **Objetivo general**

- Determinar el efecto de la fortificación de la leche pasteurizada y queso andino con Pirofosfato férrico liposomal, ácido ascórbico y retinol en los niveles de hemoglobina y aceptabilidad en niños entre 5 a 10 años.

### **Objetivos específicos:**

- Realizar la caracterización químico proximal y físico química de la leche de vaca.
- Evaluar el efecto de la fortificación con pirofosfato férrico liposomal, ácido ascórbico y retinol en el contenido de hierro y aceptabilidad en leche pasteurizada y queso andino, mediante la metodología de superficie de respuesta.
- Determinar el efecto del consumo de leche pasteurizada y queso andino fortificado con variables optimas en los niveles de hemoglobina en niños de 5 a 10 años con anemia.

## II MARCO TEORICO

### 2.1 Anemia

La anemia es la disminución de la masa de glóbulos rojos por debajo del límite de satisfacción de las necesidades fisiológicas del organismo, los que varían por factores como la edad, género del paciente, la altitud de su domicilio, etc. (Beutler & Waalen, 2006).

La anemia es un importante problema de salud pública que afecta a casi la mitad de los niños menores de cinco años en todo el mundo, con la carga más alta en las regiones de África y Asia Meridional (Lopez, Cacoub, Macdougall, & Peyrin-Biroulet, 2016, pág. 907).

Otros autores afirman lo siguiente:

La anemia afecta el crecimiento físico, el desarrollo del cerebro, así como la inmunidad, lo que contribuye a una mayor morbilidad y mortalidad de los niños menores de cinco años, con un impacto negativo de gran alcance en el rendimiento escolar y la productividad deficientes (Development Initiatives, 2018).

WHO, (2011), indica que es un síndrome caracterizado por la disminución en la cifras de hemoglobina, “en el cual el número de eritrocitos es insuficiente para satisfacer las necesidades del organismo, Se cree que en conjunto, la carencia de hierro es la causa más común de anemia, además es un signo que acompaña muchas enfermedades como la inflamación aguda y crónica, las parasitosis y las enfermedades hereditarias o adquiridas que afectan a la síntesis de la hemoglobina y a la producción o la supervivencia de los eritrocitos” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe)).

Se “considera anemia en adultos cuando la Hb es inferior a 13 g/dL en hombres y a 12 g/dL en mujeres, variando en los niños según la edad, siendo

el límite inferior de 11 g/dL entre 6 meses y 5 años y de 11.5 g/dL entre los 5 y los 11 años” ([www.repositorioacademico.usmp.edu.pe](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe); WHO, 2011;)

Una “de las causas de este tipo de anemia son el consumo de dietas bajas en hierro y el desbalance entre el consumo de dietas altas en hierro no hemo (tres cuartas partes del hierro de la dieta), que presenta una baja biodisponibilidad, respecto al hierro hemo” (Duran, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017; Carpenter & Mahoney, 1992)

### Figura 1

*Situación actual de la anemia y desnutrición en el Perú.*



#### 2.1.1 Prevalencia de anemia en Perú

“La anemia a través de los años es considerada en el Perú un problema de salud público, esta condición se acentúa en la población de temprana edad y con mayor grado de exclusión, como la población rural, de menor nivel educativo y de menores ingresos económicos” (Sancjez-Abanto, 2012).

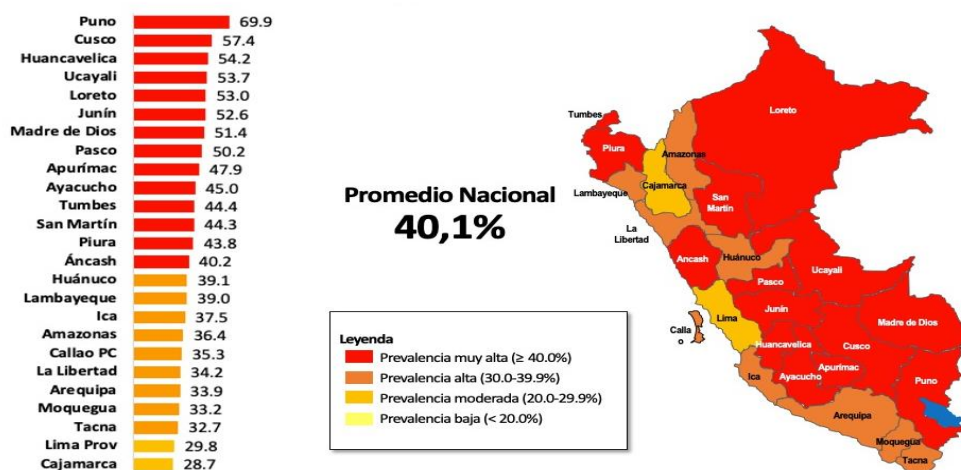


Actualmente “en el Perú el 40.1% de los niños, de 6 a 35 meses, sufre de anemia; es decir estamos hablando de casi 700 mil niños menores de 3 años anémicos de 1.6 millones a nivel nacional. Esta situación alarmante ha hecho que el gobierno actual tenga como objetivo reducir al 19% hasta el 2021, mediante el Plan Nacional de lucha contra la anemia” ([www.sites.google.com](http://www.sites.google.com); INS, 2022).

La “anemia es el mayor problema de salud pública que afecta a la población del mundo desarrollado y en desarrollo, no solo porque es el daño más común y el más ampliamente distribuido, sino por ser el más prevalente entre los grupos vulnerables, como niños pequeños y mujeres en edad fértil. Afecta al 43% de los menores de 5 años, 38% de las gestantes y al 29% de las no gestantes” ([www.repositorio.unap.edu.pe](http://www.repositorio.unap.edu.pe); Miller, 2013; WHO, 2011).

**Figura 2**

*Situación actual de la anemia y la prevalencia en niños de 6 a 35 meses según departamentos.*



**Nota.** Tomado de <https://anemia.ins.gob.pe/situacion-actual-de-la-anemia-c1>

De acuerdo a la figura 2, podemos mencionar que alcanzo una prevalencia de 45% en niños entre 6 a 35 meses.

Pajuelo, Vergara, & Cruz, (2001), es su investigación tuvo como “objetivo conocer la existencia de problemas nutricionales en niños de 6 a 9 años de edad de centros educativos estatales de la ciudad de Lima, trabajo con 241 niños de las ciudades de Matucana, Eulalia y Lima, encontró que el 22.4% presentaron desnutrición crónica, el 14.1% sobrepeso, el 10% obesidad y el 69.3% de niños presentaron anemia nutricional y de los que tuvieron desnutrición crónica el 11% estuvieron con sobrepeso, 19,3% obesidad y 66.7% con anemia” ([www.repositorioacademico.usmp.edu.pe](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe)).

Teniendo en cuenta “la alta prevalencia de anemia en niños y sus consecuencias, el Gobierno ha aprobado en el presente año el Plan Nacional para la Reducción y Control de la Anemia Materno Infantil y la Desnutrición Crónica Infantil en el Perú. Este Plan incluye diversas estrategias como la suplementación con hierro a niños, gestantes y adolescentes, la consejería nutricional a madres, el desarrollo de alimentos fortificados, la ligadura tardía del cordón umbilical, la desparasitación, entre otras acciones” ([www.hdl.handle.net](http://www.hdl.handle.net); Zavaleta, 2022).

La prevalencia de la anemia en los diferentes estadios de la salud humana presenta determinados riesgos, los cuales son los siguientes:

- Durante el embarazo, se incrementa la Mortalidad materna, perinatal, neonatal, así como genera bajo peso al nacer.
- En la infancia, genera efectos negativos en desarrollo cognitivo, motor, comportamiento y crecimiento.
- En Adultos se genera baja productividad y rendimiento económico.

La prevalencia de la anemia se puede definir basados en el contenido de hemoglobina en los grupos etarios y de género, tal como se observa en la tabla 1.

**Tabla 1**

Valores de hemoglobina en anemia, según WHO/UNICEF/UNU.

Grupo de edad o género	Hemoglobina (g/L)	Hematocrito (%)
“Niños de 6 meses a 5 años	110	33
Niños de 6-11 años	115	34
Niños de 12-13 años	120	36
Mujeres no embarazadas	120	36
Mujeres embarazadas	110	33
Hombres	130	39”

**Nota\*** Tomado de ([www.revista.um.es](http://www.revista.um.es); Stolfus & Dreyfuss, 1998)

### 2.1.2 Causas de la anemia

Entre “las diferentes situaciones que pueden causar anemia, las más importantes son las deficiencias nutricionales, siendo la más frecuente la deficiencia de hierro que causa anemia ferropénica” (Vaquero, Blanco, & Toxqui, 2012).

Se “estima que, de todas las anemias diagnosticadas, la deficiencia de hierro contribuye al 50 % de la anemia total entre las mujeres (grávidas y no grávidas) y al 42 % de los casos en niños menores de cinco años” (Stevens G. , y otros, 2013). Las pruebas derivadas de investigaciones sólidas son limitadas sobre la cantidad de anemia entre los niños en edad preescolar causada por la deficiencia de hierro, especialmente en los países en desarrollo (Lopez A. , Cacoub, Macdougall, & Peyrin-Biroulet, 2016).

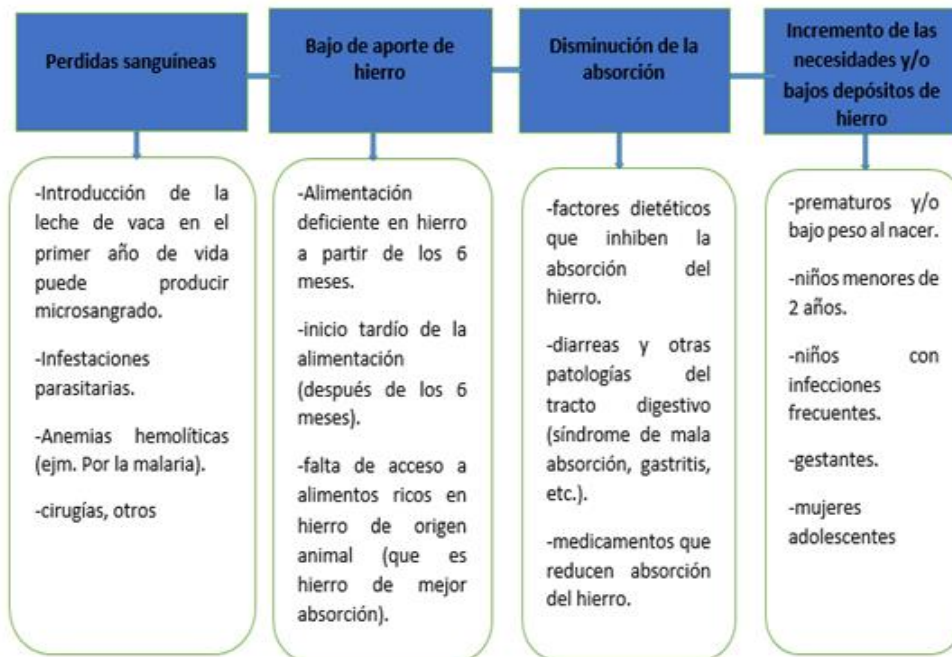
Otras deficiencias nutricionales que pueden causar anemia son las de ácido fólico y vitamina B<sub>12</sub>, que causarían anemia megaloblástica” (Vaquero, Blanco, & Toxqui, 2012).

La deficiencia de vitamina B<sub>12</sub> o cobalamina puede deberse a una ingesta insuficiente (que es poco frecuente) o a malabsorción de la vitamina (por aclorhidria o falta de factor intrínseco) (Vaquero, Blanco, & Toxqui, 2012).

La “deficiencia de folatos se produce especialmente en ciertas poblaciones de riesgo (embarazadas y personas de edad avanzada) y puede estar asociada a determinadas patologías (patología intestinal, alcoholismo crónico o deficiencia de vitamina B<sub>12</sub>) (Vaquero, Blanco, & Toxqui, 2012).

**Figura 2**

*Las posibles causas de la anemia que incluyen.*



## 2.2 Requerimientos nutricionales en la dieta de los niños.

“La infancia es una época de rápido crecimiento y en la que, además, la actividad física suele ser importante, por lo que los requerimientos energéticos y de nutrientes son elevados” ([www.docplayer.es](http://www.docplayer.es); Rodríguez, 2001).

“Tanto en la dieta de los más pequeños, como en los adultos, es importante la ingesta energética total y de macronutrientes (proteínas, hidratos de carbono y grasas) para un correcto desarrollo. Una dieta equilibrada es aquella que aporta las cantidades suficientes de todos los nutrientes esenciales, por lo que es importante mantener una dieta rica en alimentos de alta densidad de nutrientes, garantizando el aporte de vitaminas y minerales que el niño necesita para su correcto desarrollo” (Rodríguez, 2001).

En la tabla 2 se muestra las principales ingestas de vitaminas y minerales en niños, hombres y mujeres.

**Tabla 2**

*Ingesta diaria de vitaminas (A, C) minerales (Ca, Fe).*

<b>NECESIDADES DE VITAMINAS Y MINERALES (*)</b>					
<b>Grupo de edad</b>	<b>Vitamina A(µg/d)</b>	<b>Vitamina C (mg/d)</b>	<b>Folato(µg/d)</b>	<b>Calcio(mg/d)</b>	<b>Hierro(mg/d)</b>
<b>LACTANTES</b>					
<b>0-6 meses</b>	400	40	65	210	0.27
<b>7-12 meses</b>	500	50	80	270	11
<b>NIÑOS</b>					
<b>1-3 años</b>	300	15	150	500	7
<b>4-8 años</b>	400	25	200	800	10
<b>HOMBRES</b>					
<b>9-13 años</b>	600	45	300	1.300	8
<b>14-18 años</b>	900	75	400	1.300	11
<b>19-30 años</b>	900	90	400	1.000	8
<b>31-50 años</b>	900	90	400	1.000	8
<b>51-70 años</b>	900	90	400	1.200	8
<b>&gt;70 años</b>	900	90	400	1.200	8
<b>MUJERES</b>					
<b>9-13 años</b>	600	45	300	1.300	8
<b>14-18 años</b>	700	65	400	1.300	15
<b>19-30 años</b>	700	75	400	1.000	18
<b>31-50 años</b>	700	75	400	1.000	18
<b>51-70 años</b>	700	75	400	1.200	8
<b>&gt;70 años</b>	700	75	400	1.200	8

**Nota:** Recomendaciones diarias de ingesta de vitaminas (A, C y folatos) y minerales (calcio y hierro) en miligramos (mg) y microgramos.

La Organización Panamericana de la Salud, (2002), menciona que existen dos tipos de régimen alimentario, tales como:

- a) **Tipo I:** “Basado principalmente en cereales y semillas de leguminosas, con cantidades muy limitadas de alimentos ricos en vitamina C y alimentos de origen animal” ([www.paho.org](http://www.paho.org)).
- b) **Tipo II:** “Basado en cereales y leguminosas, pero con incorporación ocasional de alimentos de carne, incluidas las carnes de ave y peces y alimentos ricos en vitamina C” ([www.paho.org](http://www.paho.org)).

Según el tipo de régimen alimentario, la ingesta nutricional recomendada para el hierro en niños, se observa en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Ingesta nutricional de Fe según régimen alimentario (mg/día).*

Grupo de edad	Biodisponibilidad de Fe según regímenes alimentarios (a)	
	Tipo I (5%)	Tipos II (10%)
<b>NIÑOS</b>		
7-12 meses	18.6	9.3
1- 3 años	11.6	5.8
4- 6 años	12.6	6.3
7- 9 años	17.8	8.9

**Nota.** Tomado de la (Organización Panamericana de la Salud, 2002).

De todos los requerimientos de ingesta diaria de vitaminas y minerales en especialmente en niños menores de 10 años, podemos indicados que, para mejorar la prevalencia de la anemia, se requieren de los siguientes:

### 2.2.1 Hierro

El hierro (Fe) es un elemento metálico, que se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza, siendo uno de los 4 metales más abundantes del planeta ([www.scielo.cl](http://www.scielo.cl); Zahra, Hafeez, Shaukat, Wahid, & Hasanuzzaman, 2021).

Es esencial para el organismo debido a que participa en procesos vitales para el ser humano como la respiración celular y los sistemas enzimáticos responsables de la integridad celular. Sin embargo, también es utilizado por los microorganismos patógenos para su supervivencia y su replicación. Se encuentra bajo dos formas, óxidos e hidróxidos ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ) y férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), con una valencia de 2 y 3, respectivamente (Venes & Clarence, 2017).

El “hierro es un micromineral cuya homeostasis está controlada principalmente por la absorción de hierro intestinal. Por tanto, es muy importante tener una dieta balanceada en cuanto al aporte de hierro, sino se presenta su deficiencia que conduce a anemia” (Duran, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017).

#### **a) Función del hierro**

“Participa en la formación de glóbulos rojos en la médula ósea, junto con cobalto, cobre, proteínas y vitaminas, reponen los destruidos (los eritrocitos tienen 120 días de vida); cumple el papel en la formación de hemoglobina (65% de hierro), mioglobina (10% de hierro, proteína de los músculos esqueléticos, viscerales y del corazón) y citocromos (enzimas como catalasa y peroxidasa; 5% de hierro), por lo que está vinculado al transporte de oxígeno de los pulmones a los tejidos y permite la oxidación de los nutrientes en los tejidos; su ausencia en niños hace que aprenden con dificultad, desganados y sin deseos de estudiar” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Blanco, 2015, pág. 191).

#### **b) Absorción del hierro**

Se absorberá “a nivel del intestino delgado proximal (duodeno); en la luz intestinal el  $\text{Fe}^{+3}$  se transforma en  $\text{Fe}^{+2}$  por acción de la ferrirreductasa presente en

la superficie del enterocito, la vitamina C favorece esta conversión; la absorción se lleva a cabo mediante el Transportador de Metal Divalente (DMT1) y la hepcidina (polipéptido de 25 aminoácidos formado en el intestino, evita la hemocromatosis) regulada por la proteína hemojuvelina; ya en el enterocito (regula la absorción del hierro según las necesidades del organismo) el  $Fe^{+2}$  se transforma en  $Fe^{+3}$  y se almacena unido a la ferritina y hemosiderina (20 % de hierro) o transferirse al plasma mediante un hierro transportador y una hepcidina, para luego circular con la transferrina (B globulina, una glucoproteína sintetizada por el hígado) al igual que el hierro proveniente de la destrucción de los hematíes viejos. La médula ósea y otros órganos reciben el hierro de la transferrina mediante los receptores de transferrina TfR1 y TfR2 para unirse al lisosoma cuyo pH ácido disocia el hierro de la transferrina y queda a disposición de la misma. El exceso se almacena unido a la apoferritina para formar la ferritina o a la transferrina para ser puesto a disposición de los hematíes jóvenes que formarán hematíes maduros y saldrán a la circulación sanguínea” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Blanco, 2015).

### **c) Rol en la hemoglobina**

El “hierro es el principal componente de los glóbulos rojos, esencial para transportar el oxígeno a las células y para el funcionamiento de todas las células del cuerpo. El hierro forma parte de la hemoglobina, mioglobina, citocromos y enzimas” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Castrillón & Serpa, 2013).

Es “el nutriente esencial para la mayoría de los procesos de oxidación-reducción y constituye el átomo central de la estructura de la hemoglobina” ([www.docplayer.es](http://www.docplayer.es); Murray, Granner, Mayes, & Rodwell, 1994).

### **d) Toxicidad**

El “nivel máximo de ingesta diaria es de 40 mg por un día en niños (as) de 4 a 13 años; la cual puede ser obtenido del alimento, agua y suplementos. Niveles por



encima a 45 mg por día provocan desordenes a nivel gastrointestinal” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Otten, Pitzzi, & Meyers, 2006).

### **2.2.2 Vitamina A**

En “la fortificación se empleó en su forma Dry A palmitate 250/N, polvo fino de color amarillo claro, cuyas partículas contienen la vitamina A como palmitato finamente dispersado en una matriz de almidón alimenticio modificado, sacarosa y aceite de coco fraccionado BHT (E-321), ascorbato de sodio, benzoato de sodio y ácido ascórbico añadidos como conservantes. El contenido mínimo de la vitamina A es de 250 000 UI/g, se dispersa rápida y completamente en agua, siendo sensible al aire, calor, luz y humedad. Empleado para la fortificación de la harina y azúcar, productos horneados, bebidas y otros alimentos” ([www.repositorio.lamolina.edu.pe](http://www.repositorio.lamolina.edu.pe); Dutch State Mines, 2014).

#### **a. Función**

“Es conocido su rol en la visión y es importante en el crecimiento y desarrollo corporal, participa en la diferenciación celular (bajo la forma de ácido retinoico), reproducción e inmunidad ( impulsa la formación de los linfocitos T); siendo sus formas activas el retinol (más activa y fundamental para la reproducción y desarrollo de los huesos), retinal (el retinol se transforma en retinal para su uso en la retina ocular para la visión nocturna y de colores) y ácido retinoico (retinal se transforma en ácido retinoico para el crecimiento y desarrollo corporal)” ([www.docplayer.es](http://www.docplayer.es); Blanco, 2015).

#### **b. Absorción**

En “la mucosa intestinal el retinol se une a la proteína fijadora y forma el complejo retinol-CRBP II, que luego se re esterifica a esterres de retinol (ER)” ([www.docplayer.es](http://www.docplayer.es); Blanco, 2015).

Estos esteroides se agregan para formar los quilomicrones que posteriormente ingresan a la linfa y sangre y llegan a los tejidos periféricos a través de la lipoproteína lipasa o al hígado (se almacena en un 90% en el hígado y secundariamente en el tejido adiposo, pulmón y riñón) a través de un receptor (Blanco, 2015).

### **c. Rol en la hemoglobina**

La “deficiencia de la vitamina A genera también una serie de síntomas no específicos como incremento de riesgo a anemia” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Blanco, 2015).

La “vitamina A juega un rol importante en la causa de la anemia, evidencias indican que este efecto es mediado a través de la síntesis de transferrina y receptores de transferrina, de ahí mejoran la movilización del hierro e ingreso a los tejidos eritropoyéticos, además la vitamina A mejora la absorción del hierro en el precario intestino delgado” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Quiroz, 2009).

En “estudios sobre fortificación de alimentos con hierro y vitamina A se encontraron efectos favorables en el estado nutricional del hierro en los niños pre escolares y mujeres embarazadas. Existe una asociación positiva entre la concentración de retinol y la hemoglobina, en la cual la hipovitaminosis A está asociada con una carencia ferropénica” ([www.repositorio.lamolina.edu.pe](http://www.repositorio.lamolina.edu.pe); Alfaro & Carvajal, 2001).

### **d. Toxicidad**

El “nivel máximo de ingesta diaria es de 900 µg de retinol por día en niños (as) de 4 a 8 años y de 1700 µg por día en niños (as) de 9 a 13 años; este nivel es aplicable solo a la vitamina A preformada (retinol, la forma de vitamina A en los

alimentos de origen animal, mayoría de alimentos fortificados y suplementos), no aplica a la vitamina derivada de los carotenos” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Otten, Pitzzi, & Meyers, 2006).

### **2.2.3 Vitamina C**

La “vitamina C, conocida como ácido ascórbico, es un nutriente hidrosoluble que se encuentra en ciertos alimentos. En el cuerpo, actúa como antioxidante, al ayudar a proteger las células contra los daños causados por los radicales libres” (National Institutes of Health, 2019).

Los “radicales libres son compuestos que se forman cuando el cuerpo convierte los alimentos que consumimos en energía. Las personas también están expuestas a los radicales libres presentes en el ambiente por el humo del cigarrillo, la contaminación del aire y la radiación solar ultravioleta. Además, el cuerpo necesita vitamina C para producir colágeno, una proteína necesaria para la cicatrización de las heridas. La vitamina C también mejora la absorción del hierro presente en los alimentos de origen vegetal y contribuye al buen funcionamiento del sistema inmunitario para proteger al cuerpo contra las enfermedades” (National Institutes of Health, 2019).

Ácido ascórbico (vitamina C), ácido fólico, ácido cítrico, péptidos ricos en aminoácido cisteína y la vitamina A son potenciadores de la absorción de hierro. Este último puede prevenir los efectos inhibitorios resultantes del café, el té y fitatos. El alcohol puede aumentar la absorción de hierro férrico, pero no de hierro ferroso (Hallberg, Hoppe, Andersson, & Hulthén, 2003).

### **a) Función**

“Esta vitamina actúa como cofactor para varias enzimas que intervienen en la síntesis del colágeno, la carnitina y los neurotransmisores” ([www.nutri-facts.org](http://www.nutri-facts.org); Nutri-facts, 2012).

Además “de la activación enzimática, se cree que las principales funciones de la vitamina C son la reducción del estrés oxidativo y la función inmune, lo que sugiere su posible eficacia preventiva en las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, el deterioro cognitivo asociado a la edad y el resfriado común” ([www.nutri-facts.org](http://www.nutri-facts.org); Nutri-facts, 2012).

Aparentemente, “los efectos beneficiosos son más notorios en personas con unos niveles bajos de vitamina C en sangre, como los fumadores o aquellas que están expuestas a situaciones asociadas con un alto grado de estrés oxidativo. Encuestas recientes de consumo han demostrado que una gran parte de las poblaciones de los países desarrollados no recibe un aporte suficiente de vitamina C. Son necesarios más estudios para determinar cómo actúa exactamente esta vitamina, por ejemplo, en la reducción del daño oxidativo del ADN, así como en la modulación de la expresión génica y la función celular” ([www.nutri-facts.org](http://www.nutri-facts.org); Nutri-facts, 2012)

### **b) Absorción**

“La vitamina C es un gran aliado de la absorción del hierro, además, es importante evitar acompañar los alimentos ricos en hierro con café, té e infusiones ya que contienen elementos que reducen y bloquean la absorción del hierro” ([www.gob.pe](http://www.gob.pe); MINSA, 2019).

La “vitamina C participa en la absorción del hierro, esta puede formar quelatos de bajo peso molecular que facilitan la absorción o nivel gastrointestinal y además permite una mayor movilización de hierro desde los depósitos. También puede mejorar el estado hematológico mediante otros mecanismos, tales como: la disminución en la inhibición de la absorción de este mineral, ejercida por sustancias como los taninos, la activación de enzimas capaces de convertir los folatos a su forma activa, y proteger a los glóbulos rojos del daño oxidativo” ([www.web.archive.org](http://www.web.archive.org)). En “presencia de 25-75 mg de vitamina C, la absorción del hierro no hemínico de una única comida se duplica o triplica, supuestamente debido a la reducción del hierro férrico a ferroso, que tiende menos a formar complejos insolubles con los fitatos” (Cardero, Sarmiento, & Capdesuñer, 2009) .

### **2.3 Fortificación de los alimentos**

La “fortificación de alimentos generalmente se refiere a la adición deliberada de uno o más micronutrientes a un alimento en particular, a fin de aumentar la ingesta de dicho(s) micronutriente(s) para corregir o prevenir una carencia demostrada y proporcionar un beneficio para la salud” ([www.web.archive.org](http://www.web.archive.org); OMS-FAO, 2017).

El grado en el cual el suministro alimentario. Esta estrategia se puede aplicar en naciones o comunidades donde hay un problema o riesgos de carencia de nutrientes” (OMS-FAO, 2017). Evidentemente, la fortificación de los alimentos ha contribuido a un aumento significativo en la mejora de la disponibilidad de ciertos nutrientes vitales, como el hierro, la vitamina A, el yodo y el ácido fólico (Beal, Massiot, Arsenault, Smith, & Hijmans, 2017).

El consumo regular de alimentos básicos fortificados ayuda en el suministro constante de nutrientes sin impedimentos causados por la disponibilidad

estacional de alimentos. Verdaderamente, los alimentos ampliamente consumidos como el trigo, el arroz, la sal y el maíz, cuando se emplean como vehículo para la fortificación, pueden potencialmente aumentar el estado nutricional de una gran población de una manera simple, eficaz y económica. Esto se conoce como fortificación universal (WHO, 2018).

### **2.3.1 Etapas para la fortificación con hierro los alimentos**

En todo proceso de enriquecimiento se realiza las siguientes etapas:

#### **a) Selección del compuesto de hierro**

“Debe ser la que tenga mayor potencial de absorción y que al ser agregado al nivel apropiado no produzca ningún cambio sensorial en el producto final. Esto obliga a contar con información sobre la aceptabilidad de color, sabor y el olor” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Organización Panamericana de la Salud, 2002).

#### **b) Optimización de la absorción de hierro**

“Con la finalidad de satisfacer las necesidades nutricionales de la población” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Organización Panamericana de la Salud, 2002).

#### **c) Medición del cambio en el nivel de hierro en la población**

“Esto mediante la determinación de la prevalencia de anemia y/o la carencia de la anemia ferropénica” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Organización Panamericana de la Salud, 2002).

### **2.3.2 Compuestos de hierro usados en la fortificación de alimentos**

Según la Organización Panamericana de la Salud, (2002), actualmente se manipulan dos categorías de compuestos de hierro para la fortificación de alimentos:

#### **a) Compuestos de hierro inorgánico**

Estos compuestos se clasifican en:

- **Solubles en agua.** "Incluyen el sulfato ferroso, su solubilidad es instantánea en el estómago, y su absorción puede variar de aproximadamente 1% a quizás un 50%, según el estado nutricional de hierro del individuo, y la presencia de promotores e inhibidores de la absorción del hierro en la comida. La desventaja del sulfato ferroso es que reacciona fácilmente con otras sustancias que existen en la matriz alimentaria, esto puede causar cambios sensoriales debido a la oxidación. El sulfato ferroso también puede alterar las propiedades físicas del producto final. El costo de este compuesto es relativamente bajo, tomado en cuenta su biodisponibilidad" ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe)).
- **Poco solubles en agua/ solubles en soluciones ácidas.** "El fumarato ferroso es el compuesto principal, se absorbe tan bien como el sulfato ferroso en los adultos y adolescentes, pero los datos recientes indican que se absorbe menos en las personas con una concentración de ácido gástrico inferior, en particular en niños pequeños. La ventaja es que interactúa menos con la matriz alimentaria y causa menos cambios sensoriales. Por estas razones se usa generalmente en cereales para niños. El precio de fumarato ferroso es similar que al del sulfato ferroso" ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe)).
- **Insolubles en agua/poco solubles en soluciones ácidas.** "Este grupo está compuesto por el hierro elemental, del cual existen tres tipos: reducido por hidrogeno, monóxido de carbono y atomet-reducido, electrolítico, hierro de carbonilo, pirofosfato férrico y el ortofosfato férrico. Son productos altamente usados en los países industrializados porque son bastantes inertes y tienen efectos muy pequeños sobre las

propiedades sensoriales de los alimentos, sin embargo, su aporte de absorción de hierro es dudosa debido a sus muy bajos niveles de solubilidad y absorción” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe)).

**b) Compuestos de hierro protegido.**

Dentro de los compuestos de hierro protegido, se indica los siguientes:

– **Compuestos quelados**

El “compuesto quelado con más referencia es el NaFeEDTA, su ventaja es que en esta forma el hierro está protegido de los inhibidores de absorción del hierro de los alimentos en el estómago, su absorción es tres veces mayor que el del sulfato ferroso, aunque no promueve la oxidación causando cambios de olor inadmisibles en algunos vehículos alimentarios. No es ampliamente disponible en los mercados, debido a la poca demanda; de allí el alto precio lo cual es ocho veces mayor que del sulfato ferroso” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Organización Panamericana de la Salud, 2002, pág. 4)

– **Compuestos micro encapsulados**

El “sulfato ferroso micro encapsulado y el pirofosfato férrico micro encapsulado están disponibles en los mercados, la sal de hierro está cubierta con capas de aceite hidrogenado, etilcelulosa o maltodextrina, las cuales impiden que los átomos de hierro entren en contacto con otras sustancias en la matriz alimentaria hasta que puedan ser liberadas y ser absorbidos en el intestino delgado, a su vez el revestimiento previene o retrasa muchos de los cambios sensoriales adversos que se asocian con estos compuestos” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Organización Panamericana de la Salud, 2002, pág. 4).



### **2.3.3 Mejoradores de la absorción del hierro**

Existen diferentes factores que pueden aumentar la biodisponibilidad del hierro para que el cuerpo pueda aprovecharlo, entre los cuales podemos mencionar:

#### **a. Vitamina C o ácido ascórbico**

El “ácido ascórbico y el palmitato de ascorbilo con frecuencia se agregan a aceites, grasas, bebidas carbonatadas y otros alimentos como una manera de mejorar la estabilidad de otros micronutrientes que se agregan (como la vitamina A) o para mejorar la absorción del hierro” ([www.apps.who.int](http://www.apps.who.int); OMS-FAO, 2017, pág. 141).

Sin embargo, “el ácido ascórbico es relativamente inestable en presencia de oxígeno, metales, humedad o altas temperaturas. Para retener la integridad de la vitamina C (especialmente durante el almacenamiento), los alimentos deben ser empacados apropiadamente o encapsular el ácido ascórbico” (OMS-FAO, 2017).

Para que “el organismo pueda beneficiarse de este mineral, hay una serie de alimentos que pueden ayudarnos a absorber mejor el hierro y evitar así la posibilidad de sufrir un déficit nutricional de importancia. Si existe un verdadero aliado de la absorción del hierro, ese es el ácido ascórbico o vitamina C. Para facilitar esta tarea, debemos consumir alimentos con un alto contenido en esta sustancia como, por ejemplo, los pimientos, las frutas cítricas o las verduras de hoja verde” ([www.110.imcp.org.mx](http://www.110.imcp.org.mx); Gómez, 2022).

#### **b. Vitamina A**

La “selección del compuesto de vitamina A para uso en fortificación depende principalmente de las características del vehículo alimentario, además de varias

consideraciones tecnológicas, regulatorias y religiosas. Debido a que la vitamina A es liposoluble, es fácil de agregar a alimentos basados en grasa u oleosos. Cuando el vehículo alimentario es seco o hidrosoluble se necesita una forma encapsulada de la vitamina” ([www.apps.who.int](http://www.apps.who.int); OMS-FAO, 2017, pág. 121).

La “carencia de vitamina A también aumenta la vulnerabilidad a otros trastornos tales como la carencia de hierro. Proporcionar un suplemento de hierro con vitamina A a las mujeres embarazadas en Indonesia aumentó la concentración de hemoglobina en aproximadamente 10 g/L más que la suplementación únicamente con hierro” ([www.apps.who.int](http://www.apps.who.int); Gómez, 2022).

## **2.4 Productos con hierro fortificado**

La “fortificación es una de las estrategias (fácil de implementar, administrar a niveles no riesgosos, supervisión y vigilancia; bajo costo y con tecnología disponible) más efectivas para asegurar un consumo permanente de nutrientes; cuyo efecto depende del nivel de fortificación, tipo de fortificante, biodisponibilidad del fortificante y cantidad de consumo del alimento fortificado” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Grudem & Debustos, 2014).

### **2.4.1 Existentes en el mercado**

**Chispitas nutricionales**, “actualmente en el mercado existen productos comerciales que usan la tecnología de encapsulación de hierro, uno de ellos es los **sprinkles**. Estos son sobres individuales que contienen una mezcla de micronutrientes (hierro, zinc, ácido fólico y vitaminas A y C), encapsulados con lípidos, que se espolvorean sobre un alimento (por ejemplo, papillas de cereales)” ([www.scielo.cl](http://www.scielo.cl); Zlotkin, 2010).

- a. Los cereales del desayuno y los cereales infantiles;** se “encuentran con frecuencia enriquecidos con hierro, siendo sus beneficios potenciales muy elevados, ya que proporcionan una fuente de hierro importante en una etapa crítica como es el crecimiento. Sin embargo, hay que tener en cuenta los elevados niveles de ácido fítico de los cereales y su sensibilidad a la oxidación de las grasas durante el almacenamiento, sobre todo cuando se les adiciona compuestos muy biodisponibles tales como el sulfato ferroso” ([www.revista.um.es](http://www.revista.um.es); Hurrell, 2018).
- b. La sal;** “es uno de los condimentos que más se ha enriquecido con hierro en los países en vías de desarrollo, ya que, en las poblaciones rurales, es de los pocos alimentos que se compran fuera del hogar. Sin embargo, la sal de estos países es rica en impurezas y muy húmeda, y al mismo tiempo se enriquece con yodo, por lo que es frecuente la aparición de cambios en sus propiedades organolépticas2 ([www.revista.um.es](http://www.revista.um.es)).
- c. El azúcar;** “puede ser un alimento alternativo para el enriquecimiento con hierro en regiones productoras como el Caribe y América Central. No obstante, hay que tener en cuenta que el mineral añadido se absorberá mejor si el azúcar se añade a zumos de frutas” ([www.revista.um.es](http://www.revista.um.es)).
- d. Las fórmulas infantiles;** “suelen estar enriquecidas con hierro, con frecuencia en forma de sulfato ferroso, y en concentraciones que varían desde 5 hasta 12 mg/L (Lynch, 1990). Debido a su alto contenido en calcio y en caseína, se asume que la biodisponibilidad del hierro en las fórmulas infantiles, en la leche y en los productos lácteos es baja” ([www.revista.um.es](http://www.revista.um.es)

#### **2.4.2 Productos con perspectivas a entrar en el mercado**

La “principal proyección de la técnica de encapsulación para hierro, es su aplicación en la industria alimentaria para mejorar algunas características de los variados alimentos que están fortificados con hierro. En los cuales se podría mejorar la biodisponibilidad del hierro, ya que las formas de hierro más comúnmente utilizadas son sales ferrosas o férricas de baja biodisponibilidad; y reducir algunas características adversas que el hierro confiere a los alimentos. Así obtener alimentos fortificados con una mejor respuesta farmacéutica en relación a la mejora del estado de nutrición de hierro de los consumidores” ([www.scielo.cl](http://www.scielo.cl); Gaucheron, 2000). Entre los principales alimentos fortificados se mencionan:

##### **a. productos de panadería y cereales**

Dentro de los “productos de panadería tenemos el pan, galletas, cereales para el desayuno, y en cereales tenemos la harina de maíz, harina de trigo, papillas de cereales para bebés, arroz” ([www.revista.um.es](http://www.revista.um.es); Martínez-Navarrete, Camacho, Martínez-Lahuerta, Martínez-Monzó, & Fito, 2002).

Las harinas de cereales son uno de los alimentos más empleados en esta estrategia, incluso es obligatoria esta práctica en algunos países como Estados Unidos, donde el contenido en la harina de trigo se ajusta a 44 mg/kg, Dinamarca, donde se añaden hasta 30 mg/kg, o el Reino Unido, donde se enriquece esta harina hasta alcanzar 16.5 mg/kg (Hurrell, 1997).

#### **2.4.3 Fortificación de alimentos con pirofosfato férrico**

El “pirofosfato férrico (FPP), se ha considerado como un fortificante de hierro factible debido a su efecto mínimo sobre las propiedades organolépticas del vehículo alimentario. Ha sido ampliamente utilizado en la fortificación de los granos de arroz

mediante el empleo de la **técnica de premezcla del grano** que consiste en recubrir (uno de los 3 métodos para fortificar los granos de arroz), el grano/grano con fortificante, sal y margarina” (Andersson, y otros, 2014).

Sin embargo, “es un compuesto insoluble en agua y es relativamente más costoso que el sulfato ferroso y el fumarato ferroso. Además, debido a su escasa solubilidad en el jugo gástrico, solo el 50 % se absorbe en el cuerpo. Se utiliza principalmente en la fortificación de alimentos sensibles a las modificaciones de color, como cubitos de caldo, cocoa para beber, así como alimentos complementarios de origen vegetal” (Hurrell, 2018).

## **2.5 Micro encapsulación**

“La industria alimentaria a nivel mundial está comenzando a aplicar tecnología en los alimentos a través de la micro encapsulación, donde podríamos resumir que la micro encapsulación es definida como una tecnología de empaquetamiento de materiales sólidos, líquidos o gaseosos” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); AINIA, 2015).

Esta “tecnología mejora la estabilidad, proporciona liberación controlada activada por la humedad y el pH, y mejora la biodisponibilidad y la entrega consecutiva de múltiples principios activos. Las microcápsulas proporcionan más área de superficie y tienen el potencial de mejorar la solubilidad, mejorar la biodisponibilidad y mejorar la liberación controlada de los ingredientes encapsulados en comparación con portadores de tamaño micrométrico” (Jafari, Fathi, & Mandala, 2015).

Las “microcápsulas están conformadas por una membrana polimérica porosa, semi permeable, esférica, delgada y fuerte, contenedora de una sustancia activa. Los materiales utilizados para el encapsulamiento pueden ser gelatina,

grasas, aceites, goma arábiga, alginato de calcio, ceras, proteína de lactosuero, proteína de soja, etc. Estas microcápsulas selladas pueden liberar sus contenidos a velocidades controladas bajo condiciones específicas, y pueden proteger el producto encapsulado de la luz y el oxígeno” (AINIA, 2015).

La “innovación en procesos de micro encapsulación juega un papel cada vez más importante en el sector alimentario, y entre sus ventajas se puede mencionar” ([www.creativecommons.org](http://www.creativecommons.org); Parra-Huertas, 2010):

- Protege “el material activo de la degradación producida por el medio ambiente (calor, aire, luz, humedad, etc.,) mejorando la conservación y estabilidad durante el almacenamiento.
- Liberación gradual y prolongada en el tiempo de una sustancia activa, y por lo tanto, mayor duración de su efecto.
- Liberación selectiva en condiciones concretas (cuando cambia el pH; activación de aditivos en ciertas condiciones de luz, agua; liberación de ingredientes en el intestino).
- Incremento de la efectividad.
- Estabilización de microorganismos.
- Disminución de la dosificación.
- Manejo de líquidos en formato de sólidos.
- Enmascaramiento de olores y sabores (como por ejemplo hierro o aceites Omega 3” ([www.creativecommons.org](http://www.creativecommons.org))).

### **2.5.1 Micro encapsulación del hierro**

Las razones que han motivado encapsular este micronutriente son diversos:

- Protección “de los compuestos de hierro de factores ambientales adversos y de su paso por el tracto gastrointestinal, y así mejorar la biodisponibilidad del hierro no hemo, ya que existen varios factores

intraluminales que disminuyen su absorción (fibra, taninos, polifenoles, otros minerales como Ca, Cu y Zn, entre otros).

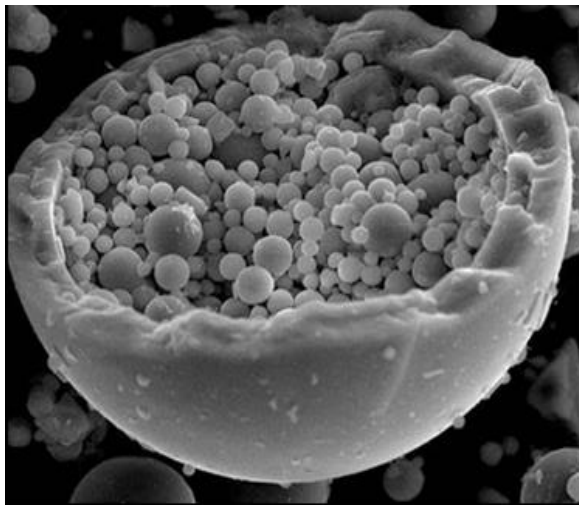
- Enmascarar el sabor metálico que presenta el hierro (no hemo y hemo) cuando es incorporado en alimentos<sup>13</sup>, ya que los materiales encapsulantes al cumplir una función de barrera previenen el contacto directo entre el hierro y los receptores gustativos. Incluso en materiales núcleos de muy mal sabor como el hierro, se puede proveer una doble o múltiple encapsulación con diferentes materiales encapsulantes que pueden incluir en su formulación agentes saborizantes” ([www.scielo.cl](http://www.scielo.cl); Duran, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017; Hurrell R. , 1997).
- Disminuir “los cambios de color que genera el hierro cuando es incorporado en alimentos. Muchos de los compuestos de hierro usados en fortificación tienen coloraciones marrones oscuras (fumarato ferroso, eritrocitos atomizados, bis-glicinato ferroso, entre otros), que alteran al alimento original. Como fue el caso de leche fortificada con hierro, en donde la leche que no contenía hierro encapsulado mostró alteraciones de color y sabor, percibidas en un análisis sensorial” ([www.scielo.cl](http://www.scielo.cl); kwak, Yang, & Ahn, 2003).
- Disminuir “los efectos adversos gastrointestinales, ya que las sales de hierro solubles pueden producir varios efectos secundarios tales como: oscurecimiento dental, dolor abdominal, pirosis, náuseas, diarrea, estreñimiento y heces negras” ([www.scielo.cl](http://www.scielo.cl); Mora, 2002).
- Disminuir “la precipitación de hierro en estómago, para ello se deben seleccionar ciertos encapsulantes para formar micro-partículas de hierro que liberen el mínimo contenido en estómago, tal es así el alginato de sodio que soporta las condiciones ácidas del estómago, y que este

material se degrade lentamente en el duodeno, lugar en donde se absorbe el hierro. Esto se conoce con el nombre de liberación controlada” ([www.scielo.cl](http://www.scielo.cl); Duran, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017).

- La “encapsulación permite la posibilidad de mezclar en una misma micro-partícula/micro-cápsula/liposoma, dos fuentes diferentes de hierro, ya que el hierro no hemo se absorbe por el transportador de metales divalentes 1 (DMT1), y el hemo mediante la proteína transportadora del grupo hemo 1 (HCP1), y ambos receptores son saturables. También con compuestos que promuevan su absorción” ([www.scielo.cl](http://www.scielo.cl); Arredondo, y otros, 2008).

### Figura 3

*Microencapsulación de hierro*



**Nota.** Tomado de (Nutresol, 2022)

### 2.5.2 Métodos de encapsulación de hierro

La encapsulación del hierro se realiza por los métodos siguientes:

#### a) Secado por aspersión (atomización)



La aspersión “implica la pulverización de una solución que contiene hierro como material núcleo y algún material encapsulante como material muralla” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Fang & Bhandari, 2012).

Usualmente “se elabora una dispersión de baja o media viscosidad, donde el material núcleo se suspende en diferentes proporciones en soluciones acuosas del material encapsulante, la cual posteriormente alimenta al equipo de atomización (spray dried), que deshidrata esta dispersión, obteniéndose un material en forma de polvo formado por millones de micro partículas cuyo tamaño puede variar de 10 a 400  $\mu\text{m}$ ” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Zuidam & Simoni, 2010).

Este “método de encapsulación es uno de los más utilizados en la industria de los alimentos por su alto rendimiento, bajo costo y buen almacenamiento. Sin embargo, no es el más usado para la encapsulación de hierro debido a que los materiales encapsulantes que permiten usar el equipo de atomización convencional son generalmente solubles en agua, y no proporcionan una protección suficiente frente a la oxidación del hierro y a sus propiedades organolépticas adversas, sobre todo cuando se piensa en el uso de hierro encapsulado para la fortificación de los alimentos líquidos o suplementación oral” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Zuidam & Simoni, 2010).

#### **b) Entrampamiento en liposomas**

Consiste “en elaborar emulsiones y/o vesículas compuestas de líquido que encapsulan el hierro por varios métodos, sin embargo, el más aplicable es la rota – evaporación” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Ding, y otros, 2011).

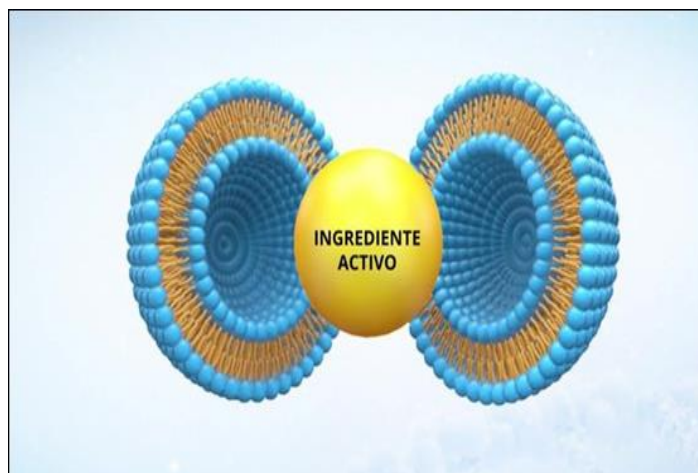
Este “método consiste en elaborar mezclas líquidas capaces de formar una lámina o película fina lipídica después de ser disueltos en solventes orgánicos y sometidos a rota–evaporación para eliminar estos solventes.

Posteriormente la película lipídica debe ser hidratado con una solución acuosa de características hidrofóbicas que contenga el material núcleo que se quiere encapsular. Así es posible obtener una suspensión homogénea primaria multilaminar de liposomas, y para reducir el tamaño de los liposomas se puede utilizar equipos como baño ultrasónico. Con esta técnica se puede obtener liposomas de tamaños variables entre 0.2 a 5.000  $\mu\text{m}$ ” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Ding, y otros, 2011).

El “uso de esta técnica es limitado debido a la inestabilidad física y química de los liposomas, bajos rendimientos y eficiencia en la encapsulación, liberación prematura del hierro desde los liposomas, y altos costos en su procesamiento. La estabilidad del hierro por este método es alta, siempre que los liposomas se mantengan estructuralmente intactos, la cual es difícil de obtener si se aplican como parte de un suplemento oral ya que el solo paso por el tracto gastrointestinal los desestabilizaría, debido a la presencia de lipasa pancreática y ácidos biliares en el intestino delgado, que acelera su desintegración” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Ding, y otros, 2011).

#### **Figura 4**

*Microencapsulación liposomal.*



**NOTA.** Tomado de (Keybiological, 2022).

### c) Gelación iónica

Radica “en la reacción química entre ciertos polisacáridos y una solución de cationes divalentes, que reaccionan formando estructuras de cajas de huevos en donde quedan atrapados los compuestos que se pretenden encapsular” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Zuidam & Simoni, 2010).

Para “encapsular hierro mediante esta técnica es necesario preparar una solución de alginato de sodio en concentraciones de 1.5 – 3% p/v en la cual diferentes fuentes de hierro pueden ser dispersadas, luego con la ayuda de jeringas, pipetas, aspersores o disco atomizados, se goteen las dispersiones en la solución gelificante formando perlas de distintos tamaños dependiendo del instrumento usado, desde 200 a 5000  $\mu\text{m}$ . Con esta técnica se ha logrado encapsular eficientemente hierro hemo proveniente de eritrocito bovino, también diferentes tipos de hierro no hemo” (Valenzuela, Hernández, Morales, & Pizarro, 2016; Perez-Moral, Gonzalez, & Parker, 2013).

También “es posible agregar el hierro en la solución gelificante cuando las sales de hierro presentan incompatibilidad electrolítica para formar perlas por el método convencional” (Perez-Moral, Gonzalez, & Parker, 2013). Este “método de encapsulación es bastante prometedor para la suplementación de hierro oral, porque el alginato de sodio y un material que libera un abaja concentración de hierro encapsulado a nivel gástrico, y a nivel intestinal la liberación e controlados en el tiempo, y se produce una liberación casi completa después de 3 horas de digestión” (Valenzuela, Hernández, Morales, & Pizarro, 2016).

## **2.6 Derivados lácteos como vehículos para la fortificación**

Los derivados “lácteos al igual que los cereales y derivados son considerados como los principales vehículos para ser fortificados con hierro y otros micronutrientes” ([www.nutrar.com](http://www.nutrar.com)). Se enfocará la fortificación de derivados lácteos.

### **2.6.1 La leche pasteurizada**

“La leche es el producto íntegro obtenido de la secreción de las glándulas mamarias de las hembras mamíferas, sanas destinadas a la alimentación de las crías. Químicamente se define como una mezcla compleja de sustancias alimenticias orgánicas e inorgánicas entre las cuales se deben destacar: agua, grasas, carbohidratos (lactosa), proteínas, minerales, vitaminas, gases, enzimas y bacterias” ([www.repositorio.uta.ec](http://www.repositorio.uta.ec); Almanza & Barrera, 1991).

El “hombre aprovecha esta leche para tomarla diariamente o para fabricar elaborados. La leche es de color blanco, olor agradable y sabor ligeramente dulce” ([www.repositorio.uta.ec](http://www.repositorio.uta.ec); Almanza & Barrera, 1991).

La leche pasteurizada de vaca en el país y en la región de Ayacucho “es ampliamente consumida por los niños, que se considera uno de los principales grupos de riesgo. Las fórmulas infantiles son principalmente leche modificada de vaca y adicionadas con distintos nutrientes” ([www.nutrar.com](http://www.nutrar.com)). Todo esto permite considerar que la fortificación con hierro de estos alimentos serán una herramienta esencial para lucha contra la deficiencia de estos micronutrientes.

La “especie del animal lechero, su raza, edad y dieta, junto con el estado de lactancia, el número de pariciones, el sistema agrícola, el entorno físico y la estación del año, influyen en el color, sabor y composición de la leche y

permiten la producción de una variedad de productos lácteos” ([www.pdfcookie.com](http://www.pdfcookie.com); FAO, 2022).

#### a. Composición química y concentración natural de hierro

“La leche proporciona nutrientes esenciales y es fuente importante de energía alimentaria, proteínas de alta calidad y grasas. Puede contribuir considerablemente a la ingestión necesaria de nutrientes como el calcio, magnesio, selenio, riboflavina, vitamina B<sub>12</sub> y ácido pantoténico” ([www.repositorio.utc.ec](http://www.repositorio.utc.ec); FAO, 2022).

La leche y los productos lácteos son alimentos ricos en nutrientes y su consumo puede hacer más diversa las dietas basadas principalmente en el consumo de vegetales. La leche de origen animal puede desempeñar un papel importante en las dietas de los niños en poblaciones con bajo nivel de ingestión de grasas y acceso limitado a otros alimentos de origen animal” ([www.repositorio.utc.ec](http://www.repositorio.utc.ec); FAO, 2022).

La composición nutricional de la leche de bovino se aprecia en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Composición química proximal de la leche entera de bovino y pasteurizada (g/100 g de producto).*

Nutriente	Unid	Leche entera				Leche pasteurizada
		1	2	3	4	5
Calorías	kcal	64.00	61.00	-	-	61.00
Agua	g	87.80	88.00	87.20	88.15	88.03
Hidratos de carbono	g	5.10	4.70	4.75	4.61	4.97
Proteínas	g	3.20	3.20	3.30	3.17	3.19
Grasa total	g	3.20	3.40	3.81	3.51	3.11
Ceniza	g	0.70	0.72	0.87	0.66	0.71
Calcio	mg	106.00	-	0.87-1.26	1.24	1.25
Hierro	mg	1.30	-	-	-	-

**Nota.** Tomada de Ministerio de Salud, (2017)<sup>(1)</sup>; Agrobot, (2022)<sup>(2)</sup>; Alais, (1984)<sup>(3)</sup>; Taberna & Castillo, (2001)<sup>(4)</sup>, Guzmán, De Pablo, Zacarías, & Nieto, (2003)<sup>(5)</sup>

En “todos los animales, el agua es el nutriente requerido en mayor cantidad y la leche suministra una gran cantidad de agua, conteniendo aproximadamente 90% de la misma. La cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa que se sintetiza en las células secretoras de la glándula mamaria. El agua que va en la leche es transportada a la glándula mamaria por la corriente circulatoria. La producción de leche es afectada rápidamente por una disminución de agua y cae el mismo día que su suministro es limitado o no se encuentra disponible. Esta es una de las razones por las que la vaca debe tener libre acceso a una fuente de agua abundante todo el tiempo” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Agrobot, 2022).

La “concentración de proteína en la leche varía de 3.0 a 4.0% (30-40 gramos por litro). El porcentaje varía con la raza de la vaca y en relación con la cantidad de grasa en la leche. Existe una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Agrobot, 2022).

Las proteínas de la leche, “que representan alrededor del 3,5% del peso total, se dividen en dos grupos: caseínas, insolubles a pH 4,6 y constituidas de cuatro cadenas polipeptídicas ( $\alpha_{s0}$ -,  $\alpha_{s1}$ -,  $\beta$ -, y  $\kappa$ -caseínas); y, proteínas del suero que incluyen la  $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbúmina, albúmina sérica e inmunoglobulinas” ([www.repositorio.uchile.cl](http://www.repositorio.uchile.cl); Sánchez-Vega & Sepúlveda-Ahumada, 2020).

Normalmente, “la grasa (o lípido) constituye desde el 3,5 hasta el 6,0% de la leche, variando entre razas de vacas y con las prácticas de alimentación. Una ración demasiado rica en concentrados que no estimulan la rumia en la vaca, puede resultar en una caída en el porcentaje de grasa (2,0 a 2,5%)” (Agrobot, 2022).

La “grasa de leche contiene triglicéridos derivados de una amplia variedad de ácidos grasos saturados e insaturados, se diferencia de otras grasas alimenticias por

su alto contenido de ácidos grasos saturados de cadenas cortas. Los ácidos grasos presentes en la leche más importantes son: oleico, palmítico, esteárico, mirístico láurico y butírico. El oleico y linoleico son insaturados y líquidos a temperatura ambiente, al igual que el butírico, caproico y caprílico. El resto de los ácidos grasos tienen puntos de fusión altos (31 a 70 °C), por lo que son sólidos a temperatura ambiente” ([www.repositorio.umsa.bo](http://www.repositorio.umsa.bo); DGPA, 2005, pág. 13).

El “principal hidrato de carbono en la leche es la lactosa, pero a pesar de que es un azúcar, la lactosa no se percibe por el sabor dulce. La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante y promedia alrededor de 5% (4.8%-5.2%) ([www.repository.pedagogica.edu.co](http://www.repository.pedagogica.edu.co); Agrobot, 2022). El “hidrato de carbono más abundante de la leche es la lactosa (azúcar de leche), un disacárido constituido por glucosa y galactosa. La lactosa es el principal agente osmótico de la leche, con lo que permite el transporte de agua desde la sangre” ([www.repositorio.untrm.edu.pe](http://www.repositorio.untrm.edu.pe); DGPA, 2005).

La “leche es relativamente pobre en hierro (0,2 mg/kg), este contenido varía de vaca a vaca y depende de la etapa de lactancia, pero no de la alimentación, 14% del hierro se produce en la grasa de la leche donde se asocia con la membrana de glóbulos grasos. Alrededor del 24% del hierro está unido a la caseína, mientras que el 29% está unido a las proteínas del suero y el 32% está asociado con una fracción de bajo peso molecular. En la leche descremada, el 50-65% del hierro está unido a las caseínas, el 18-33% está en la fracción de proteínas del suero y el 15-33% está en la fracción no proteica. Esta fracción y la fracción de bajo peso molecular podrían corresponder a moléculas pequeñas, tales como ácido cítrico, ácido orótico y Pi (fosfato inorgánico). Entre las proteínas del suero, la lactoferrina puede unirse a dos  $Fe^{3+}$ , concomitantemente con dos iones carbonato. Sin embargo, esta transferrina está presente a baja concentración en la leche bovina (0,01-0,1 mg/mL)”.

“Las propiedades físico químicas de la leche son consecuencia de su composición y su estructura. Una leche normal tiene un valor de pH comprendido entre 6,6 y 6,8; un valor de pH más bajo puede ser debido a contaminación por flora acidificante o a la presencia de calostro. Una leche alcalina es una leche patológica (leche de mastitis). Para el caso de la acidez titulable, expresada en grados Dornic (°D) (número de dL de sosa N/9 por litro de leche) es del orden de 14 a 18° D. La acidez o la contaminación por microorganismos por el inadecuado ordeño o higiene, lo que deteriora la calidad rápidamente” ([www.repositorio.unsch.edu.pe](http://www.repositorio.unsch.edu.pe); Concepción, 2002).

#### **b. Fortificación de la leche**

Todas “las vitaminas y minerales que pueden ser añadidos a la leche están disponibles en forma de polvo. Las vitaminas liposolubles se encuentran disponibles en forma líquida. Para adicionarlos a la leche se prepara una premezcla, que es una mezcla homogénea de la cantidad deseada de fortificantes (vitaminas y minerales) y una pequeña cantidad del alimento a ser fortificado. Al adicionar la premezcla al volumen total de leche se debe homogenizar correctamente los micronutrientes en el producto final” ([www.docplayer.es](http://www.docplayer.es); Ramírez-Navas & Stouvenel, 2011).

En la actualidad, “la fortificación de la leche líquida con vitaminas A y/o D es obligatoria en varios países (Brasil, Guatemala, Honduras, Malasia, México, Filipinas, EE.UU. Venezuela, etc.). Entre los productos más utilizados para fortificar leche líquida están: vitaminas A, C, D y E, hierro y calcio” ([www.docplayer.es](http://www.docplayer.es); Ramírez-Navas & Stouvenel, 2011).

Grijalva-Haro, y otros, (2014), en su investigación “Efecto de la leche fortificada Liconsa en el estado de hierro y zinc en preescolares mexicanos, tuvo como resultados que en los niños que consumieron leche fortificada incrementaron sus niveles de hemoglobina (1,13 g/dL,  $p < 0,05$ ) y ferritina (5,83 µg/L,  $p < 0,05$ ). La



prevalencia de bajas reservas de hierro disminuyó de 20,4% a 4,1% ( $p < 0,05$ ) y el zinc sérico aumentó en 45,2  $\mu\text{g/dL}$  ( $p < 0,05$ ). En el grupo de referencia, no hubo cambios significativos. El promedio diario del consumo de leche fortificada Liconsa fue de  $22,7 \pm 14,5$  g, que suministró 2,5 mg/d de hierro y zinc. La dieta aportó  $9,2 \pm 3,4$  mg/d de hierro y  $6,9 \pm 3$  mg/d de zinc”.

La “leche de vaca sin modificar tiene un marcado efecto inhibidor sobre la absorción de hierro no hemo debido a su alta concentración de inhibidores de la absorción de hierro. Los principales inhibidores de la leche de vaca son la caseína, el calcio, la proteína de suero y los fosfatos. Cuando 10 a 15 mg/L de hierro como sulfato ferroso es agregado a la leche de vaca no modificada, solo se absorbe del 4% al 5%. Sin embargo, esta absorción se puede duplicar mediante la adición de 100 mg de ácido ascórbico. Varios estudios de campo han demostrado la eficacia y efectividad de la leche de vaca en polvo fortificada con hierro y ácido ascórbico en la prevención de la deficiencia de hierro en infancia” (Olivares, 2002).

### **2.6.2 Queso andino**

El “queso campesino o queso andino o también llamado queso blanco, es un queso fresco elaborado a partir de leche de vaca. Para su elaboración se usa leche cruda o pasteurizada que se filtra, calienta y añaden los fermentos. Luego se añade el cuajo. La cuajada se corta con una lira. Luego se dispone en moldes, se escurre el suero y se prensa (este proceso se repita varias veces)” ([www.farmagro.org](http://www.farmagro.org)); el tiempo de maduración no menor de 15 días, por lo general se le da 50 días de maduración para obtener un mejor producto final (Cacuango & Giraldo, 2021; Alvaro, 2018).

### a. Composición química y concentración natural de hierro

La “composición fisicoquímica del queso está directamente relacionada con la composición química de la leche de partida. Esto no significa que sus composiciones sean exactamente iguales. De hecho, esto no sucede ni siquiera en cuajadas recién preparadas, ya que durante el proceso de fabricación algunos compuestos sufren una transformación, como las proteínas que se agregan para formar una red proteica, y otros se pierden en el suero, como gran parte de la lactosa y de las proteínas del suero. Su composición puede alcanzar 18% de proteínas, 22% de grasa, 50% de sólidos y 4.0 de cenizas” ([www.tesis.ucsm.edu.pe](http://www.tesis.ucsm.edu.pe); Vallejo, 2020; Choque, 2021).

La composición química del queso andino se puede observar en la tabla 4.

**Tabla 5**

*Composición química del queso y queso andino (g/100 g de producto).*

<b>Nutriente</b>	<b>Unid</b>	<b>Q. fresco</b>	<b>Q. Andino</b>
Calorías	kcal	299.0	
Agua	g	51.42	45.56
Hidratos de carbono	g	2.98	35.40
Proteínas	g	18.09	13.28
Grasa total	g	23.82	36.45
Ceniza	g	3.68	3.05
Calcio	mg	566	
Hierro	mg	0.2	

**Nota.** Tomado de (Dieta y Nutrición, 2022; Álvaro E. , 218)

En “cuanto al contenido de proteínas la caseína, es la proteína más importante que aparece en el queso, otras proteínas como la globulina y la albúmina escapan con el suero” (Walstra, 2001).

El “contenido en hidratos de carbono de los quesos está constituido por la lactosa o azúcar de la leche, que acaba transformándose en gran parte en ácido láctico por acción de las bacterias lácticas. En sales minerales, su contenido oscila entre el 1,2% y 4,5%, siendo las más importantes las que contienen Calcio, Fósforo y Hierro” (Walstra, 2001).

Los quesos semiduros y maduros tienen las siguientes características físico químicas, humedad hasta 35,9 % – 45,9 %; proteína hasta 16,4 % – 27,1 %; grasa 29 % – 36 %, acidez 5,0 % – 5,8 % y el pH oscilan entre 5,35 y 6.52. (Calampa, Fernández-Jerry, & Bernal, 2018; García, López, & Pianta, 2004). En cuanto a extracto seco mínimo para queso andino es 43% (QALYWARMA, 2021).

#### **b. Fortificación del queso**

Existen varias investigaciones donde se aprecia la innovación tecnológica para mejorar sus potencialidades del queso, entre ellos se indican los siguientes:

En queso fresco, Pavón, y otros, (2015), realizaron una investigación donde elaboraron un queso fresco tipo cuartirolo, fortificado con zinc ( $Zn^{2+}$ ) y con contenido de colesterol (COL) reducido, luego lo comparo con un queso tradicional. Se obtuvo un queso fortificado en un 85% de Zn y con contenido de COL reducido en más del 93%, con características sensoriales semejantes a los quesos tradicionales.

En queso Cheddar, (Arce & Ustunol, 2018), realizaron la “fortificación del queso Cheddar con sulfato ferroso microencapsulado no produjo cambios en el contenido de grasas, proteínas, cenizas, humedad, calcio, magnesio y zinc. El sulfato ferroso microencapsulado (LMFS y SMFS) se retuvo con éxito en el queso Cheddar. Con base en el contenido de hierro y el porcentaje de recuperación, SMFS se incorporó mejor al queso Cheddar. Independientemente del tamaño de partícula, la adición de hierro microencapsulado ( $Fe^{2+}$ ) no alteró los niveles de cationes divalentes en el

queso. Los quesos fortificados con SMFS en general obtuvieron una mayor aceptabilidad que el Cheddar fortificado con LMFS por parte del panel de consumidores, lo que indica el potencial de reducir el tamaño de las partículas para mejorar los cambios sensoriales causados por el hierro. Aunque el sulfato ferroso microencapsulado no provocó cambios químicos importantes en el queso Cheddar, la dosis de fortificación seleccionada (30 % Fe RDA, 4,5 mg de Fe/28 g) no produjo resultados sensoriales aceptables”.

El “proceso de fortificar queso ha sido lento debido al bajo consumo per cápita de queso por persona en Latinoamérica, si el incremento en el consumo continúa, el queso podría ser un interesante vehículo para la fortificación con nutrientes esenciales” (Ramírez-Navas & Stouvenel, 2011, pág. 52).

## **2.7 Tecnología de microencapsulación liposomal de minerales**

La tecnología de liposomas es un tipo especial de técnica de microencapsulación, que ha sido ampliamente investigada y desarrollada en el campo biomédico como sistema de administración de fármacos. Un aspecto importante de esta aplicación es la protección proporcionada por la encapsulación, contra condiciones potencialmente dañinas en el extracapsular ambiente. En comparación con otras encapsulaciones utilizados dentro de la industria alimentaria, son particularmente adecuados ya que están bien caracterizados, son fáciles de fabricar, son muy versátiles en sus propiedades portadoras y compuesto de ingredientes aceptables para alimentos (Xia & Xu, 2005).

Varios investigadores han investigado la biodisponibilidad de liposomas de sulfato ferroso. Los resultados revelaron que  $\text{FeSO}_4$  microencapsulado con lecitina tiene la misma biodisponibilidad que el  $\text{FeSO}_4$ , pero tiene la ventaja de estar recubierto con un fosfolípido membrana que evita que el hierro entre

en contacto con los otros componentes de los alimentos, previniendo así las interacciones indeseables que ocurrían cuando se usaba el FeSO<sub>4</sub> convencional (Lysionek, y otros, 2002; Xia & Xu, 2005).

Sin embargo, los liposomas son termodinámicamente inestables. Las partículas de liposomas se agregarán, fusionarán, flocularán y precipitarán durante el almacenamiento. El aumento de la repulsión entre partículas, ya sea electrostática o estérica, puede mejorar su estabilidad. El primero se ha logrado aumentando el potencial zeta de la superficie de los liposomas (potencial  $\zeta$ ), mientras que para el segundo, los grupos voluminosos no iónicos como el polietilenglicol se incluyen en la bicapa lipídica (Keller, 2001)

### **2.7.1 Pirofosfato férrico liposomal**

Dentro de las ventajas del piro fosfato ferrico liposomal, se indica lo siguiente:

- Se incrementa el margen terapéutico de sustancias altamente sensibles y principios activos de difícil manejo.
- En la mayoría de los casos se reduce la dosis necesaria para la acción del principio activo.
- En cremas, el principio activo actúa desde adentro de la epidermis hacia afuera, de manera sostenida en el tiempo.
- Mejora la absorción y vida media de sustancias que presentan una desfavorable farmacocinética (Xia & Xu, 2005).

### III MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Lugar de ejecución

Esta investigación, se realizó en el Centro Experimental de Jugos y Conservas-Área de Lácteos, Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Planta de lácteos Los Morochucos de Pampa Cangallo, IEP San Martín de Porras del distrito de San Juan Bautista, Puesto de Salud-Vista Alegre del distrito de Carmen Alto, así como en el laboratorio CERTILAB. La investigación tuvo una duración de 6 meses, iniciándose el 1 mayo y culminando el 31 de octubre del 2022.

#### 3.2 Materia prima

La leche fresca, se recolectó en el distrito de los Morochucos Pampa Cangallo, del estable del Instituto Tecnológico Los Morochucos en Pampa Cangallo.

#### 3.3 Insumos

Dentro de los insumos empleados tenemos los siguientes:

- Pirofosfato férrico liposomal micoencapsulado.
- Ácido ascórbico.
- Retinol.
- Cloruro de sodio comercial.
- Cloruro de calcio
- Cuajo.

### 3.4 Materiales

Dentro de los materiales empleados en la investigación fueron:

- Baldes de plástico capacidad de 5 y 20 litros.
- Cuchillos de acero inoxidable.
- Coladores de plástico.
- Cooler.
- Desecadores con cloruro de calcio.
- Envases de plástico de 4 kg de capacidad.
- Termómetros con rango de 0-100°C.
- Pipetas de 1; 5; 10 mL
- Matraz de Erlenmeyer de 500 mL.
- Vaso precipitado de 100 y 250 mL.
- Fiolas de 50, 100 mL.
- Papel filtro Whatman.
- Envases de polietileno de capacidad de 250 mL y 1 litro.
- Espátula de acero inoxidable.
- Pissetas con agua destilada.
- Lactodensímetro con termómetro marca Quevenne.
- Mesas de acero inoxidable.
- Pinza de crisol.
- Crisol.
- Mascarillas.
- Jarras de plástico capacidad de 0.5 y 1 Litro.
- Plumón indeleble negro.
- Tijeras.
- Vasos descartables desechables.

### **3.5 Reactivos**

- Ácido sulfúrico al 98%.
- Ácido clorhídrico al 37%.
- Alcohol de 96%.
- Alcohol iso amílico.
- Sulfato de cobre.
- Sulfato de sodio anhidro.
- Acetato de sodio.
- Ácido acético glacial.

### **3.6 Equipos**

- Balanza analítica OHAUS A5200, sensibilidad 0.001 g, capacidad máx. 220 g.
- Balanza analítica de capacidad 500 g.
- Balanza eléctrica marca súper-SS, capacidad 5 kg.
- Equipo de destilación Kjeldahl marca Labconco.
- Tanque de acero inox. Al304 capacidad 50 L. para leche.
- Intercambiador de placas.
- Embolsadora.
- Secadora de manos.
- Prensa.
- Moldes de queso de 0.5 y 1 kg.
- Estufa Memmert universal, graduación 0°C a 250°C.
- Cocina a gas.
- Refrigeradora marca Samsung.



### **3.7 Diseño metodológico**

#### **3.7.1 Tipo de investigación**

Investigación experimental

#### **3.7.2 Nivel de investigación**

Aplicativo

#### **3.7.3 Análisis químico proximal y físico químico**

Se realizó los siguientes análisis químico proximal a la materia prima, utilizando la siguiente metodología (AOAC, 2007):

- Proteínas: Método AOAC 935.39C-Semimicrokjeldahl
- Grasas: Método AOAC 33.2.27-Gerber
- Humedad: AOAC 930.15, 2000-Método de la Estufa
- Ceniza: Método AOAC 935.39B
- Carbohidratos: Por diferencia.

En el análisis físico químico se realizó los siguientes análisis, utilizando la siguiente metodología (AOAC, 2007):

- Densidad: Método AOAC 925.23B (Ver Anexo 20-1)
- Acidez titulable: Método AOAC 947.05 (Ver Anexo 20-2)
- pH: Método AOAC 981.12 (Ver Anexo 20-3)
- Sólidos totales: Método estufa modificado AOAC 925.23 (Anexo 20-4)

#### **3.7.4 Optimización de las variables por superficie de respuesta.**

El proceso de optimización se desarrolló de acuerdo al modelo estadístico y a los tratamientos de la tabla 4, permitiendo obtener los derivados lácteos como leche pasteurizada y queso andino elegidos. Los procedimientos de investigación empleados para optimizar las variables respuestas,  $Y_1$  = Aceptabilidad (A) e  $Y_2$  = Incremento de hemoglobina (IH), fueron las siguientes:

### **a) Aceptabilidad**

Los derivados lácteos (queso andino, leche pasteurizada) obtenidos según las figuras 5 y 6 y la tabla 6, fueron sometidos al análisis sensorial mediante la prueba afectiva para medir la preferencia o el grado de aceptación, utilizando una escala hedónica estructurada de siete opciones, varada en los extremos por los términos 7 - Me gustó muchísimo y 1- Me disgusta muchísimo, cuya ficha de evaluación sensorial se aprecia en el anexo 01. Las pruebas sensoriales o de aceptabilidad se desarrollaron en el distrito de San Juan Bautista en la Institución Educativa N°38030 San Martín de Porres.

Hernández, (2005), recomienda aplicar la prueba afectiva en la evaluación sensorial con la finalidad de medir la preferencia o el grado de aceptación, especialmente cuando se mejora el producto. El tamaño de la muestra depende del producto, en líquidos suele ser de 50 a 60 mL y si es sólido de 20 a 30 g

Se utilizó el Modelo estadístico de Diseño de bloques incompletos (DBI), con 13 tratamientos, los cuales fueron sometidos a evaluación sensorial por 39 panelistas no entrenados (niños en edad escolares entre 5 a 10 años), cuyas muestras fueron entregados y vigilados por los tesisistas en sus respectivas aulas y los resultados fueron evaluados estadísticamente por el análisis de varianza (ANVA) y cuando hubo significancia se efectuaron comparaciones de medias por la prueba de rangos múltiples de Tukey.

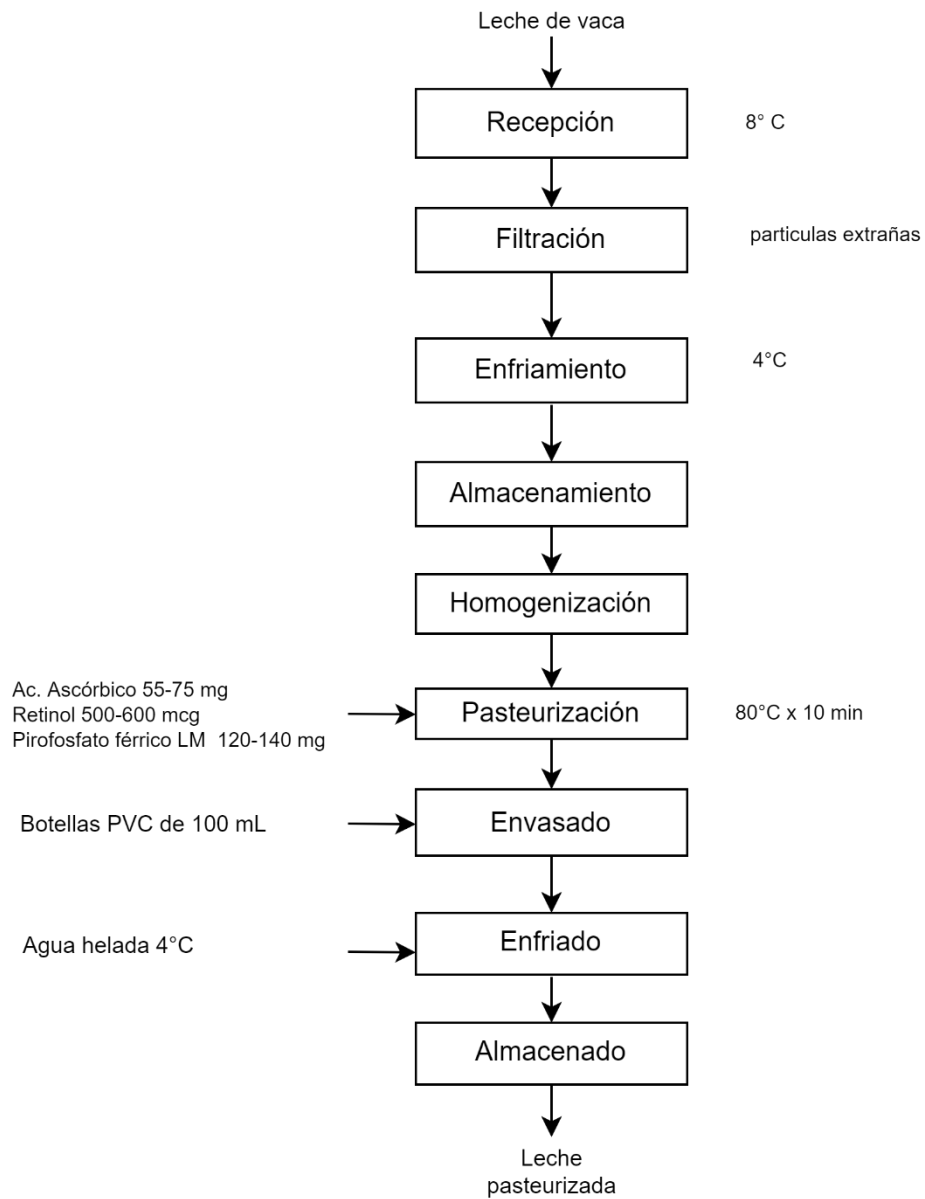
### **b) Determinación analítica del contenido de hierro total**

“Se preparó una solución madre de hierro 100 ppm y, a partir de la misma, una solución estándar de 50 ppm. Luego, fueron preparados cinco, soluciones patrones a partir de la solución estándar en balones aforados de 100.00 mL, y un rango de concentración del hierro (0.5-2.5) ppm. Adicionalmente, se preparó un blanco con las mismas características de las soluciones patrones. Finalmente, se

midió la absorbancia de cada uno de los patrones y de las muestras, las cuales serán utilizadas para construir la curva de calibración de absorbancia en función de la concentración y determinar la concentración de hierro mediante la ecuación de la curva” (Castaño, Patiño, & Quinteros, 2015)

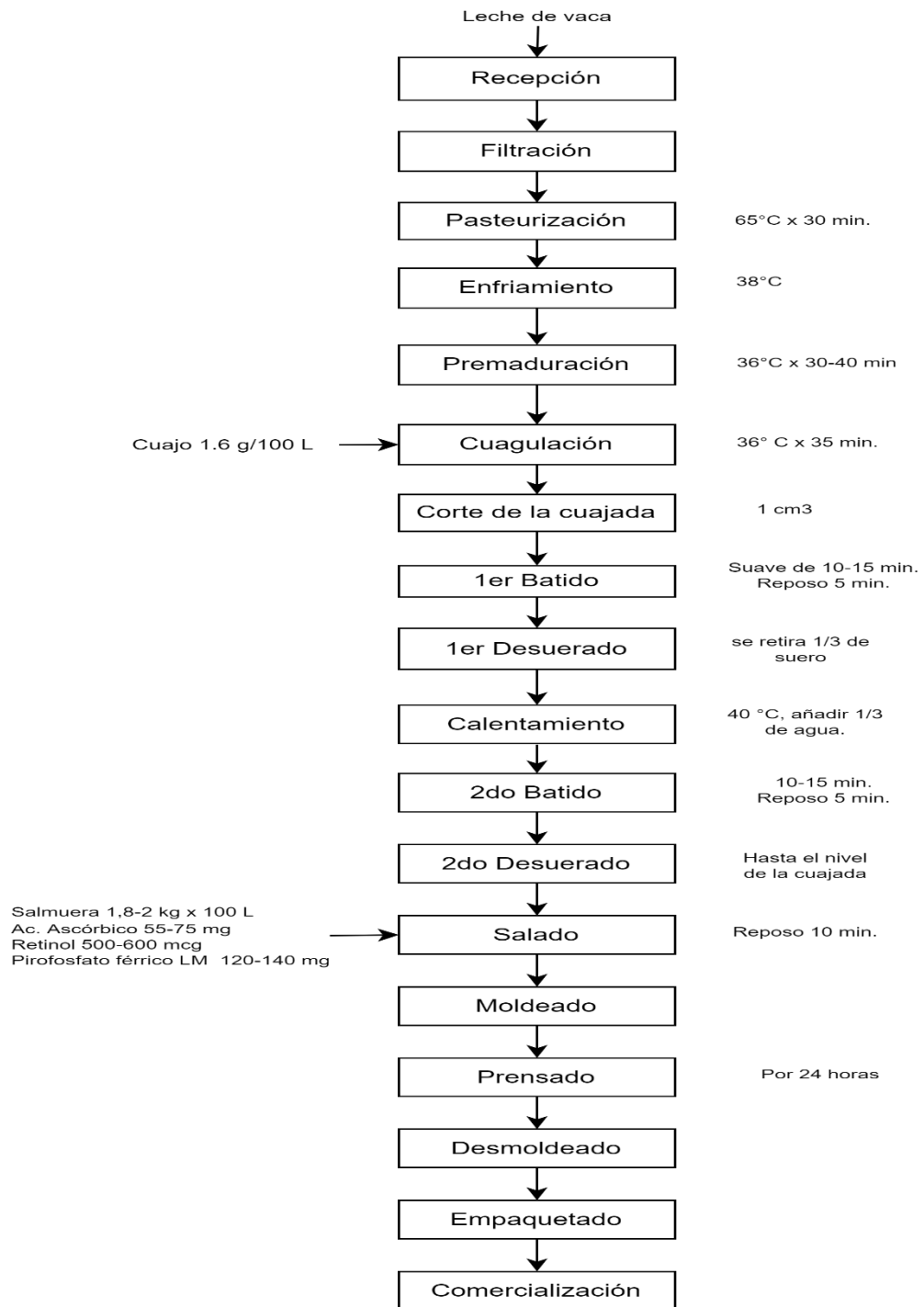
**Figura 5**

*Diagrama de flujo de la elaboración de leche pasteurizada fortificada.*



**Figura 6**

*Diagrama de flujo de elaboración de queso andino fortificado.*



### **3.7.5 Evaluación de los tratamientos optimizados**

Con las variables optimizadas X1: [Pirofosfato férrico liposomal], X2: [Ácido ascórbico] y X3: [Retinol] se elaboró leche pasteurizada y queso andino para ser compartidos en una muestra de 15 niños entre 5 a 10 años para ver su “efecto en el incremento de los niveles de hemoglobina.

En el periodo de repleción de los niveles de hemoglobina de los niños de 5 a 10 años fue de 30 días, se realizó en dos grupos experimentales de 15 niños, la cual el primer grupo recibió muestras de 20 g de Queso fortificado con Pirofosfato férrico liposomal por 30 días, el segundo grupo recibió 50 mL de leche pasteurizada fortificada con Pirofosfato férrico liposomal por 30 días, con el fin de incrementar las concentraciones de los niveles de hemoglobina en niños convalecientes de anemia pertenecientes al sector Vista Alegre del distrito de Carmen Alto, a cargo de la Subgerencia de Desarrollo Social, perteneciente a la Municipalidad Distrital de Carmen Alto, previa emisión de una autorización (Ver Anexo 19).

La cuantificación de los niveles de hemoglobina en niños se realizó en el laboratorio de la red de salud del distrito de Carmen Alto por su importancia y utilidad clínica en las diferentes patologías, fue monitoreado por los responsables de los programas de meta 4 encabezado por el sub gerente de desarrollo social de la municipalidad de Carmen Alto, para lo cual se empleo el instrumento de recolección de datos (Ver anexo 20) y la autorización de los padres para someterse al estudio (Ver Anexo 21), por ello se empleó la siguiente metodología.

#### **a. Método bioquímico de cuantificación de hemoglobina**

MINSA-INS, (2013), recomienda la ddeterminación de la hemoglobina en niños mediante muestras sanguíneas por medio del método Bioquímico (HEMOGLOBINOMETRO), siendo el protocolo el siguiente:

- 1) Se realizó el control de CRED inicial (control de crecimiento y desarrollo), peso, talla, edad.
- 2) Para la obtención de la muestra, se limpió la zona totalmente con una torunda de algodón embebida en solución de isopropanol y retirar el exceso con una torunda de algodón seco y estéril.
- 3) La piel debe estar completamente seca antes de realizar la punción ya que cualquier residuo de alcohol podría hemolizar la muestra obtenida.
- 4) Para la recolección de muestra se colocó la cubeta en medio de la gota de sangre, para ello se llenará automáticamente solo, por capilaridad. Nunca volver a llenar la cubeta luego del primer llenado.
- 5) Colocar la cubeta en el espacio diseñado para tal fin en la porta cubeta (asegurarse que esté bien colocada) e introducir la porta cubeta dentro del fotómetro.
- 6) La lectura se debe realizar inmediatamente obtenida la muestra hasta por un máximo de 10 minutos. Los resultados aparecerán en la pantalla luego de 15 a 45 segundos de haberse colocado la cubeta dentro del fotómetro.

### ***Materiales***

- Un hemoglobímetro completo.
- Lancetas desechables de una longitud máxima de hoja de 2,4 mm (para bebés y niños) o de 3,2 mm (para adultos)
- Solución acuosa 01 - 75% de Isopropanol
- Almohadillas de secado estériles o torundas de algodón
- Curitas
- Lejía al 10%
- Bolsas de bioseguridad
- Guantes

- Papel secante
- Papel toalla.

### 3.8 Diseño de la investigación

#### 3.8.1 Diseño para la optimización de la leche pasteurizada y queso andino

El diseño de investigación fue el “Diseño Compuesto Central Rotable (DCCR), o diseño experimental de Box-Behnken de tres factores con tres niveles, que comprende el factorial  $2^2$  compuesto por 3 (tres) replicados del punto central el cual estudio el efecto de los factores experimentales o variables independientes Pirofosfato férrico ( $X_1$ ), Ácido ascórbico ( $X_2$ ), Retinol ( $X_3$ )) en 5 niveles (+1.68, +1, 0, -1, -1.68), más seis puntos axiales a una distancia  $a = 1,68$ , denominada planificación estrella, en 15 ejecuciones (n).

Todo este diseño está enmarcado bajo la metodología de análisis de superficie de respuesta (RSM). La Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) es una estrategia experimental que permite mediante modelación encontrar las condiciones óptimas de operación de un proceso, y por lo tanto optimizar la fortificación mejorando los niveles de hemoglobina en niños durante la experimentación. (Montgomery, 2001; Gutiérrez & De la Vara, 2008). Los valores de las variables independientes codificadas y no codificadas se exhiben en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Niveles de las variables del proceso – Diseño Box-Behnken.*

Niveles codificados	Niveles sin codificar		
	[Pirofosfato férrico] (mg)	[Ácido ascórbico] (mg)	[Retinol] (mcg)
-1	120	55	500
0	130	65	550
1	140	75	600

### Modelo estadístico de la optimización

El modelo propuesto se describe mediante el ajuste de los datos experimentales en la siguiente ecuación polinomial de segundo orden (Ecuación 1):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 \dots\dots\dots(1)$$

Donde sólo se consideró la influencia de los factores significativos ( $p < 0,05$ ).

Y : Variable dependiente o respuesta experimental

(Y1: Aceptabilidad., Y2: Concentración de hierro)

X: Variables independientes codificadas

( $X_1 = [\text{Pirofosfato férrico}] \text{ (mg)}$ ,  $X_2 = [\text{Ácido ascórbico}] \text{ (mg)}$ ,  $X_3 = [\text{Retinol}] \text{ (mcg)}$ ).

$B_0$ : Representa la razón o el valor de la respuesta ajustado en el punto central.

$B_i$ : Representa el coeficiente de regresión lineal.

$B_{ii}$ : Representan los coeficientes de regresión cuadrático y

$B_{ij}$ : Representan los coeficientes de regresión de las interacciones.

Para cada respuesta se desarrolló un modelo polinomial de segundo orden, utilizando regresión lineal múltiple. El diseño experimental junto con los valores de las respuestas analizados se expone en la Tabla 6.

Un alto valor absoluto para los coeficientes  $B_i$ , puede indicar una importante contribución de  $X_i$  sobre la predicción de  $Y_n$ ; efecto contrario se observa para los pequeños valores absolutos de  $B_i$ .



**Tabla 7***Diseño experimental codificado de las variables del proceso.*

Tratamientos	Factores evaluados codificados			Factores evaluados reales		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	-1	0	-1	120	65	500
2	0	0	0	130	65	550
3	0	1	1	130	75	600
4	0	1	-1	130	75	500
5	0	0	0	130	65	550
6	0	-1	-1	130	55	500
7	-1	-1	0	120	55	550
8	1	1	0	140	75	550
9	-1	0	1	120	65	600
10	0	0	0	130	65	550
11	-1	1	0	120	75	550
12	1	0	-1	140	65	500
13	1	-1	0	140	55	550
14	0	-1	1	130	55	600
15	1	0	1	140	65	600

**3.8.2 Diseño para las variables respuestas optimizadas**

En la investigación se utilizó un arreglo experimental bajo un Diseño en bloques incompletos aleatorizados (DBIA), en él se evaluó un solo factor (Niveles de aceptabilidad), el modelo es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  : Es la i-ésima observación del j-ésimo bloque.

$\mu$  : Es la media general.

$T_i$  : Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

$\beta_j$  : Es el efecto del j-ésimo bloque.

$\epsilon_{ij}$  : Es el error asociada a la j-ésima unidad experimental del i-ésimo tratamiento.

Para efectuar el análisis de varianza y probar la hipótesis global se realizó la prueba de significancia con un nivel de confianza del 95%, para luego realizar una prueba de ordenamiento de tuckey.

### **3.9 Población y muestra**

#### **a) Población y muestra para la optimización de los derivados lácteos**

La población fue toda la leche pasteurizada fortificada y queso fortificado. La muestra fue 15 muestras para leche pasteurizada y 15 muestras para queso andino.

#### **b) Población y muestra para determinar el incremento de hemoglobina**

La información solicitada a la DIRESA respecto a las personas diagnosticadas con anemia en edad escolar, con la observación de que no se pudo obtener la información a nivel de la barriada, pero se logró en conjunto como distrito de Carmen Alto. Se consideró una población de 53 niños entre 5 a 10 años. Se estableció una muestra de 15 niños para cada tratamiento con un error de muestreo del 5%.

### 3.10 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### - Observación

La observación es un elemento fundamental de todo proceso de investigación; se empleó la observación para obtener los datos de la fortificación de la leche y queso andino fortificado.

#### - Equipos e instrumentos de laboratorio

Permitirá obtener valores de las pruebas y análisis de laboratorio que se realizó en la investigación.

### 3.11 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos de las variables respuestas del estudio:  $Y_{11}$  = Aceptabilidad (A) e  $Y_{12}$  = Incremento de hemoglobina (IH), serán “procesados en el paquete estadístico Statgraphics Plus. Centurion

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de cada variable respuesta para ver su grado de significancia, así como su grado de correlación entre variables, posteriormente se tabuló y graficó los resultados, con los gráficos se identificó los efectos principales entre los factores: Pirofosfato férrico ( $X_1$ ), Ácido ascórbico ( $X_2$ ), Retinol ( $X_3$ ), así como sus interacciones, para finalmente analizar los efectos principales y su interacción en las variables respuestas

Concluido el análisis, se identificó el nivel óptimo de cada factor, y se busco una respuesta global optimizada que ayude al incremento de la hemoglobina en la muestra de niños, así como mayor aceptabilidad” ([www.repositorio.unfv.edu.pe](http://www.repositorio.unfv.edu.pe))

## IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Análisis químico proximal de la leche

En la tabla 8, se aprecia los resultados de la composición de la leche de vaca procedente de la del establo del Instituto Tecnológico Los Morochucos en Pampa Cangallo.

**Tabla 8**

*Composición químico proximal de la leche de vaca (por 100 g).*

COMPONENTES	UNIDAD	VALOR
Humedad	g	87.22 ± 0.2082
Proteínas	g	3.21 ± 0.0833
Grasa	g	3.47 ± 0.0611
Ceniza	g	0.51 ± 0.0163
Carbohidratos	g	5.55 ± 0.0907

La humedad en la leche analizada alcanzo el valor de 87,22%, siendo el nutriente en mayor proporción, resultando inferior a los valores reportados por (Ministerio de Salud, 2017; Agrobit, 2022; Taberna & Castillo, 2001), pero superior a lo reportado por (Alais, 1984). Estos resultados se fundamentan en que la cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa que se sintetiza en las células secretoras de la glándula mamaria (Agrobit, 2022). De acuerdo a los resultados el contenido de humedad está dentro del rango normal de la leche de vaca.

En cuanto al contenido de proteínas en la leche de vaca reportado fue de 3,21%, superior al 3,17% reportado por (Taberna & Castillo, 2001), e inferior al 3,30% reportado por (Alais, 1984). Generalmente las proteínas varían de 3,0 a 4,0% (30 – 40 gramos por litro, estos varían de acuerdo a la raza de la vaca y en relación con la cantidad de grasa en la leche (Agrobit, 2022).

Para el caso de la grasa, este alcanzó el 3,47%, resultando inferior al 3,81% reportados por (Alais, 1984) y al 3,51% reportado por (Taberna & Castillo, 2001); sin embargo el contenido de grasa pueden variar de 3,5 hasta el 6,0% en la leche de vaca, esta variación puede deberse por la raza de la vaca y con las prácticas de alimentación, es decir una ración demasiado rica en concentrados que no estimulan la rumia en la vaca, puede generar una caída en el porcentaje de grasa (2,0 a 2,5%) (Agrobit, 2022).

Finalmente, el contenido de carbohidratos, alcanzó el valor de 5,55%, siendo este valor superior al 4,75% reportados por (Alais, 1984) y el 4,61% reportado por (Taberna & Castillo, 2001); pero dentro del rango de 4.8 a 5.2% indicado por (Agrobit, 2022), quien manifiesta que la leche de vaca contiene alrededor de un 5% en promedio de hidratos de carbono, pero en forma de lactosa (disacárido de glucosa y galactosa).

En general, la composición de la leche de vaca puede variar grandemente en función a las características del animal, su raza, estado de lactancia, alimentación, procedencia, a la estación del año y otros factores. Aun así, algunas de las relaciones entre los componentes son muy estables y se pueden utilizar para poder indicar si ha ocurrido alguna adulteración en la composición de la leche (Agrobit, 2022).

## 4.2 Análisis físico químico de la leche

La composición físico químico de la leche de vaca procedente de los Morochucos se observan en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Composición fisicoquímica de la leche de vaca.*

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Densidad 15°C	g/mL	1.0269
Acidez titulable	% de ácido láctico	0.171
pH		6.567
Sólidos totales	%	12.741

De acuerdo a los resultados de la tabla 9, podemos afirmar que los valores obtenidos de densidad de 1.027, está dentro del rango establecido referenciado por (Bracho-Espinoza, 2013); sin embargo, no cumple el valor mínimo de 1.030 (NTP 202.001-2003, 2022) y para el valor de densidad de 1.028 reportado por (Concepción, 2002), estos valores son mostrados en el anexo 22.

Para el caso de los valores reportados de acidez titulable, pH y solidos totales, cumple la (NTP 202.001-2003, 2022), y con los reportado por Concepción, (2002), cuyos valores son mostrados en el anexo 22. Sin embargo, las propiedades físico químicas de la leche son consecuencia de su composición y su estructura. Una leche normal tiene un valor de pH comprendido entre 6,6 y 6,8. Un valor de pH más bajo en la leche puede ser debido a contaminación por flora acidificante o a la presencia de calostro. Una leche alcalina es una leche patológica (leche de mastitis). Para el caso de la acidez titulable, expresada en grados Dornic (° D) (número de dl de sosa N/9 por litro de leche) es del orden de 14 a 18° D. La acidez (pH) o la contaminación por microorganismos por el inadecuado ordeño o higiene pueden deteriorar su calidad rápidamente (Concepción, 2002).

### 4.3 Optimización de las variables por superficie de respuesta

Realizada las 15 combinaciones de los experimentos y siguiendo el flujo de procesamiento presentado en la figura 5, y según las variables presentadas en la tabla 6, se evaluó los resultados de la [Pirofosfato férrico liposomal] (X1), [Acido ascórbico] (X2) y [Retinol] (X3), a partir de los cuales se obtuvo una respuesta optimizada, cuyos resultados se muestran en la tabla 10 elaborada a partir de los anexos 2 para el caso de concentración de hierro y los anexos 01 y 03 para aceptabilidad.

**Tabla 10**

*Resultados de las variables respuestas de leche pasteurizada fortificada.*

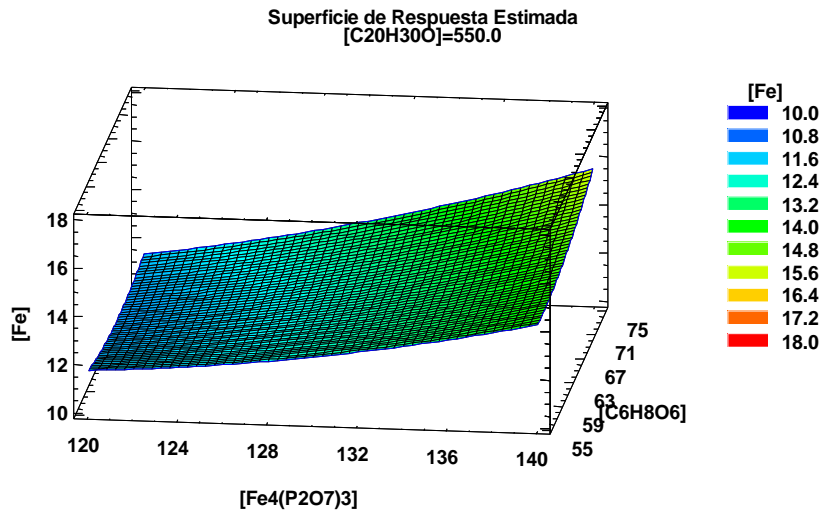
Tratamientos	X1	X2	X3	[Fe] mg/100 g	Aceptabilidad
1	120	65	500	11.59	4.50
2	130	65	550	12.42	6.00
3	130	75	600	13.08	5.72
4	130	75	500	12.60	5.61
5	130	65	550	12.42	6.00
6	130	55	500	12.63	5.39
7	120	55	550	10.87	4.89
8	140	75	550	16.40	5.33
9	120	65	600	11.60	4.78
10	130	65	550	12.42	6.00
11	120	75	550	11.28	4.22
12	140	65	500	13.90	4.50
13	140	55	550	14.34	5.11
14	130	55	600	12.81	5.50
15	140	65	600	13.98	4.56

#### 4.3.1 Concentración de hierro en leche pasteurizada fortificada

Los resultados obtenidos de muestras de leche pasteurizada fortificada después de 7 días de almacenamiento, se observan en la tabla 10, del cual se concluyó que los tratamientos con mayor concentración de hierro fueron los que alcanzaron los mayores valores de concentración de hierro en la leche pasteurizada, reportando valores entre 11,18 mg a 16,40 mg de hierro. Estos resultados se pueden observar en la figura 7.

**Figura 7**

*Superficie de respuesta de concentración de hierro en leche pasteurizada.*



Los resultados reportados en la figura 7, nos infiere que ha mayor concentración de Pirofosfato férrico liposomal mayor será la concentración en las muestras, por lo tanto, las variables optimizadas fueron: (X1) 140 mg de Pirofosfato férrico liposomal, (X2) 5 mg de ac. Ascórbico y (X3) 550 mg de retinol, permitiendo alcanzar mayor concentración de hierro 16,40 mg. Este resultado (16,40 mg) cumple con el rango de biodisponibilidad de hierro recomendada para niños de 4 a 9 años (12.6 a 17.8 mg/día) (Organización Panamericana de la Salud, 2002); por consiguiente, se afirma que el proceso de optimización de variables a sido adecuado.



Además de ello, se puede afirmar que el Pirofosfato férrico al estar micro encapsulado, “presenta un sistema de protección de los compuestos de hierro ante los factores ambientales adversos y de su paso por el tracto gastrointestinal, y así mejorar la biodisponibilidad del hierro no hemo” (Duran, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017; Hurrell R. , 1997), esta afirmación garantiza que las variables optimizadas permitirán alcanzar el rango recomendado de ingesta de hierro (8 mg de hierro-día) en niños de una manera eficiente.

En el ANVA de la tabla 11, se analizó el efecto de los factores independientes (X1) Conc. de Pirofosfato de hierro, (X2) Conc. de ácido ascórbico y (X3) Conc. de Retinol, en la Concentración de hierro de las muestras observándose que la variable A alcanzo un valor  $p < 0,05$ , lo que indica que es significativamente diferente de cero al 95% del nivel de confianza, influyendo en la concentración de hierro. De acuerdo al R- cuadrado indica que el modelo alcanza un 90.66% de la variabilidad de la concentración de hierro. Para la relación (AA), (AB), (AC), (BB), (BC) y (CC) tienen valores p superiores a 0.05, indicando que no son significativas sus efectos.

**Tabla 11**

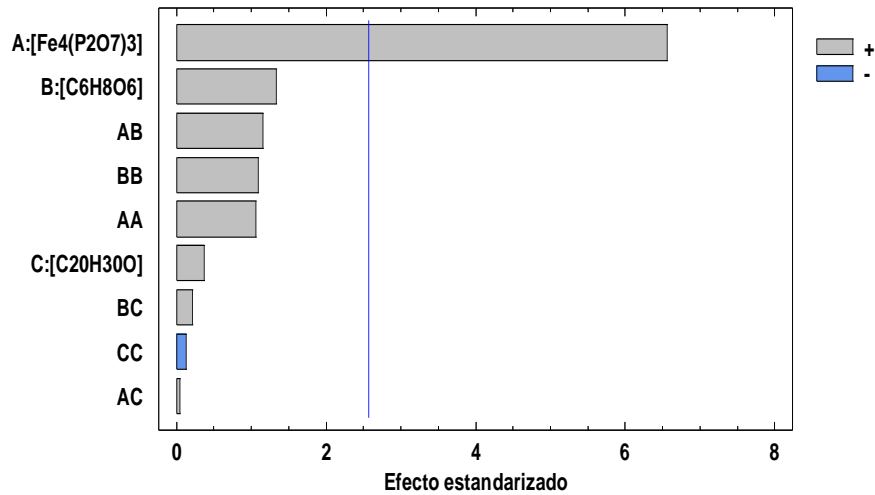
*ANVA para la maximización del contenido de hierro en leche pasteurizada.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:[Fe <sub>4</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>3</sub> ]	22.0448	1	22.0448	43.00	<b>0.0012</b>
B:[C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub> ]	0.9180	1	0.9180	1.79	0.2385
C:[C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O]	0.0703	1	0.0703	0.14	0.7263
AA	0.5761	1	0.5761	1.12	0.3376
AB	0.6806	1	0.6806	1.33	0.3013
AC	0.0012	1	0.0012	0.00	0.9629
BB	0.6131	1	0.6131	1.20	0.3240
BC	0.0225	1	0.0225	0.04	0.8423
CC	0.0083	1	0.0083	0.02	0.9035
Error total	2.5635	5	0.5127		
<b>Total (corr.)</b>	<b>27.4463</b>	<b>14</b>			

En la figura 8 se observa los efectos de las variables en estudio.

**Figura 8**

Diagrama de Pareto del efecto estandarizado del hierro.



En las figuras 8, se observan los efectos que ejercen los factores analizados sobre la concentración de hierro en leche pasteurizada, determinándose que el factor X1(Conc. Pirofosfato férrico liposomal) afecta en forma muy acentuada el incremento de la concentración, asimismo el factor X2(Conc. de ácido ascórbico) fue la segunda variable que tuvo un efecto positivo en el incremento de la concentración del hierro en leche pasteurizada, mientras que el factor X3(Conc. De Retinol) su influencia es mínima.

La ecuación polinomial codificado de superficie de respuesta de la conc. de hierro en leche pasteurizada alcanzad fue el siguiente modelo ajustado:

$$[\text{Fe}] = 108.552 - 1.148 X_1 - 1.115 X_2 + 0.008 X_3 - 0.0039 X_1^2 + 0.004 X_1 X_2 + 0.00004 X_1 X_3^2 + 0.004 X_3^2 + 0.0002 X_2 X_3 - 0.00002 X_3^2$$

A partir de la ecuación optimizada se determinó una respuesta optimizada de la maximización de la concentración de hierro en leche pasteurizada, el cual se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Valores óptimos para la maximización de la concentración de hierro en leche pasteurizada.*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
[Fe <sub>4</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>3</sub> ]	120.0	140.0	140.0
[C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub> ]	55.0	75.0	75.0
[C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O]	500.0	600.0	600.0

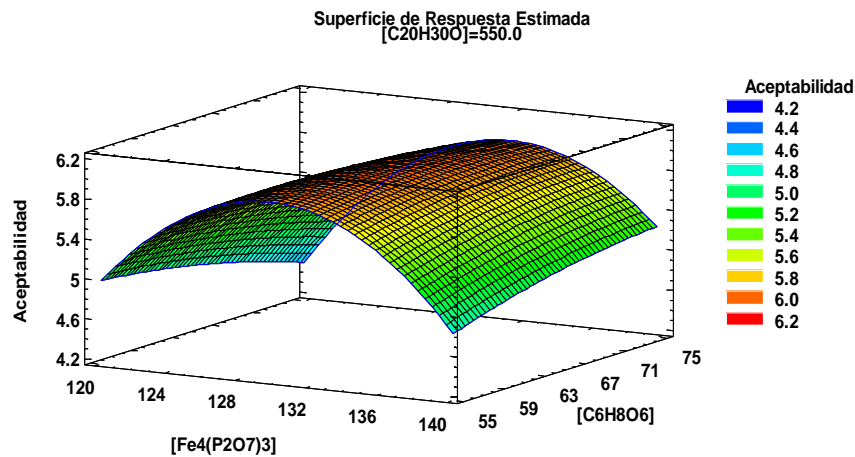
De acuerdo a la tabla 12, para alcanzar la máxima concentración de hierro en la leche pasteurizada fortificada se debe utilizar los valores óptimos de 140.0 mg de Pirofosfato férrico liposomal, 75 mg de ácido sórbico y 600 mcg de retinol, a un 90.66% de confiabilidad.

#### **4.3.2 Aceptabilidad en leche pasteurizada fortificada**

Los resultados de aceptabilidad en leche pasteurizada, nos permitió establecer que los tratamientos con valores medios de las variables son estudio fueron los que alcanzaron los mayores valores de aceptabilidad en leche pasteurizada, reportando valores entre 4,50 a 6,00 puntos en aceptabilidad. Estos resultados se pueden observar en la figura 9.

**Figura 9**

*Superficie de respuesta de la aceptabilidad en leche pasteurizada.*



De la figura 9, podemos afirmar que a medida que se incrementa la concentración de Pirofosfato férrico, esta tiende a incrementar la concentración de hierro en la muestra líquida de leche pasteurizada, hasta alcanzar un máximo valor de 6 puntos de aceptabilidad a concentraciones de 130 mg de pirofosfato férrico, 65 mg de ácido ascórbico y 550 mcg de retinol; y a concentraciones superiores de las variables en estudio estas tienden a afectar la aceptabilidad de la leche pasteurizada.

Estos resultados obtenidos se basan en que si bien el micro encapsulado tiene ciertas ventajas como protege a los compuestos de hierro, también enmascara el sabor metálico del hierro, así como reduce el efecto catalizador de la oxidación de las grasas y disminuye en cambio de color que genera el hierro al incorporar en el alimento (Duran, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017; Hurrell R. , 1997; Kwak, Ju, Ahn, Ahn, & Lee, 2003), en consecuencia permite mejorar la aceptabilidad en relación a procesos de fortificación sin microencapsular los fortificadores.

En el ANVA de la aceptabilidad de la tabla 13, se observa que las variables independientes (X1) Conc. de Pirofosfato de hierro, (X2) Conc. de ácido ascórbico y (X3) Conc. de Retinol, tienen valores p superiores a 0,05, generando un efecto no significativo a la variable respuesta (Aceptabilidad). Mientras la variable cuadrática

AA si tiene efecto significativo, influyendo en la aceptabilidad. De acuerdo al R-cuadrado indica que el modelo alcanza un 92.18% de confiabilidad de la aceptabilidad.

**Tabla 13**

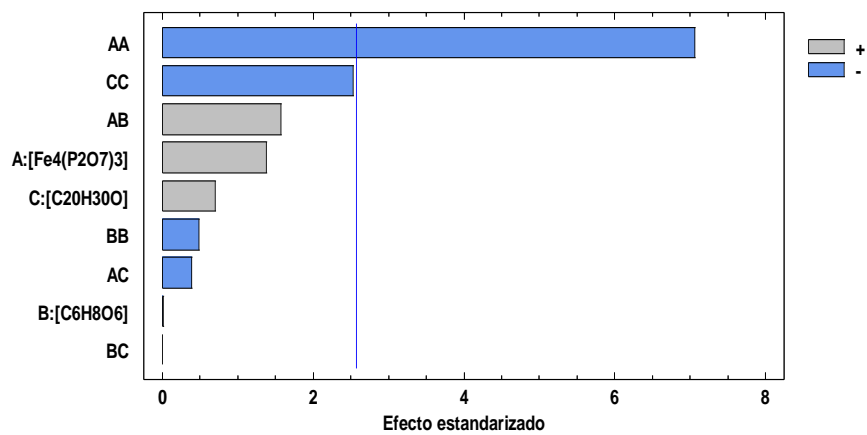
*ANVA para la maximización de la aceptabilidad en leche pasteurizada fortificada.*

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:[Fe <sub>4</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>3</sub> ]	0.1540	1	0.1540	1.92	0.2245
B:[C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub> ]	0.0000	1	0.0000	0.00	0.9905
C:[C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O]	0.0392	1	0.0392	0.49	0.5157
AA	4.0032	1	4.0032	49.90	0.0009
AB	0.1980	1	0.1980	2.47	0.1770
AC	0.0121	1	0.0121	0.15	0.7137
BB	0.0187	1	0.0187	0.23	0.6493
BC	0.0000	1	0.0000	0.00	1.0000
CC	0.5158	1	0.5158	6.43	0.0522
Error total	0.4011	5	0.0802		
<b>Total (corr.)</b>	<b>5.1313</b>	<b>14</b>			

En la figura 10 se observa los efectos de las variables independientes en la aceptabilidad de las muestras en estudio.

**Figura 10**

*Diagrama de Pareto del efecto de las variables es la aceptabilidad.*



En las figuras 10, se observan que las variables independientes X1, X2 y X3 tienen un efecto positivo, es decir no afectan negativamente en la aceptabilidad, a diferencia de las variables cuadráticas AA y CC, que tienen efectos negativos sobre la aceptabilidad, es decir disminuyen los valores de aceptabilidad entre los panelistas. Este resultado se fundamenta en que la tecnología de encapsulado especialmente con coberturas liposomales permite enmascarar el sabor metálico que presenta el hierro no hemo (Duran, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017), así como no genera el cambio de color en leche pasteurizada (Kwak, Ju, Ahn, Ahn, & Lee, 2003).

La ecuación polinomial codificado de superficie de respuesta de la variable respuesta Aceptabilidad en leche pasteurizada fortificada, tiene el siguiente modelo ajustado:

$$\text{Aceptabilidad} = -209.835 + 2.637 \cdot X_1 - 0.197 \cdot X_2 + 0.180 \cdot X_3 - 0.010 \cdot X_1^2 + 0.002 \cdot X_1 X_2 - 0.0001 \cdot X_1 X_3 - 0.0007 \cdot X_2^2 + 0.00 \cdot X_2 X_3 - 0.0001 \cdot X_3^2$$

Esta ecuación muestra la combinación de variables para alcanzar una respuesta optimizada, maximizando la aceptabilidad en leche pasteurizada fortificada, el cual se muestra en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Valores óptimos para la aceptabilidad en leche pasteurizada fortificada.*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
[Fe <sub>4</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>3</sub> ]	120	140	130.76
[C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub> ]	55	75	66.10
[C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O]	500	600	554.41

Para lograr el valor máximo de aceptabilidad (6.01) en leche pasteurizada a un 92.18% de confiabilidad se debe emplear los siguientes valores óptimos: (X1) 130.76 mg de Pirofosfato férrico liposomal, (X2) 66.10 mg de ácido sórbico y (X3) 554.4 mcg de retinol.

### 4.3.3 Concentración de hierro en queso andino fortificado

Los resultados de los efectos de las variables [Pirofosfato férrico liposomal], [Acido ascórbico] y [Retinol] en queso andino fortificado, se muestran en la tabla 15.

**Tabla 15**

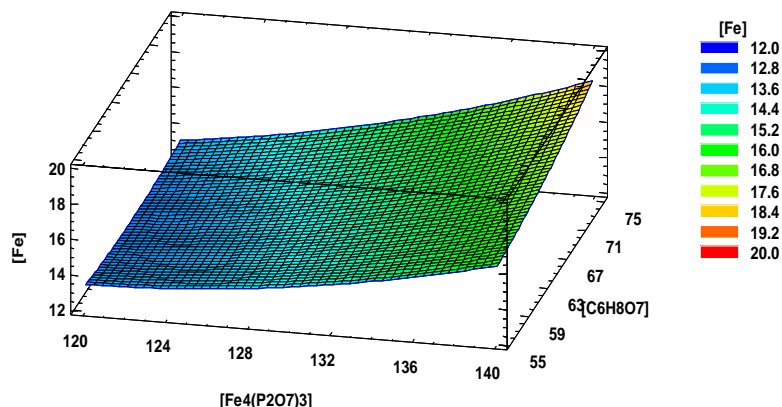
*Resultados de las variables respuestas en queso andino fortificado.*

<b>Tratamientos</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>[Fe] mg/100 g</b>	<b>Aceptabilidad</b>
1	120	65	500	13.06	4.67
2	130	65	550	14.35	6.11
3	130	75	600	15.42	6.06
4	130	75	500	14.56	5.72
5	130	65	550	14.35	6.11
6	130	55	500	14.24	5.50
7	120	55	550	12.82	5.61
8	140	75	550	18.95	5.94
9	120	65	600	13.25	5.33
10	130	65	550	14.35	6.11
11	120	75	550	13.30	4.94
12	140	65	500	16.39	6.06
13	140	55	550	16.20	5.83
14	130	55	600	14.22	5.61
15	140	65	600	17.11	5.94

El comportamiento de la concentración de hierro en queso andino se observa en la figura 11, donde se establece que los tratamientos con valores máximos de concentración de Pirofosfato férrico liposomal fueron los que alcanzaron los mayores valores de concentración de hierro en queso andino fortificado, alcanzado valores entre 12,82 a 18,95 mg.

**Figura 11**

*Superficie de respuesta de la concentración de hierro en queso andino fortificado.*



De la figura 11, se observa que a mayor concentración de Pirofosfato férrico microencapsulado, mayor es la concentración de hierro en el queso Andino; alcanzando valores máximos de 18,95 mg en muestras de 100 g, siendo mayores a las obtenidas en leche pasteurizada. Según (Akhtar, Anjum, Rehman, & Munir, 2010), esta conducta se debe a que existen muchas restricciones de solubilidad y estabilidad en relación con la adición de fortificadores a las formulaciones alimentarias. El ANVA de concentración de hierro en queso andino fortificado se observa en la tabla 16.

**Tabla 16**

*ANVA de la maximización de la concentración de hierro en queso andino fortificado.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:[Fe <sub>4</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>3</sub> ]	32.886	1	32.886	208.320	0.000
B:[C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> ]	2.820	1	2.820	17.870	0.008
C:[C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O]	0.383	1	0.383	2.420	0.180
AA	1.584	1	1.584	10.030	0.025
AB	1.288	1	1.288	8.160	0.036
AC	0.070	1	0.070	0.440	0.534
BB	0.361	1	0.361	2.280	0.191
BC	0.194	1	0.194	1.230	0.319
CC	0.010	1	0.010	0.060	0.810
Error total	0.789	5	0.158		
Total (corr.)	40.325	14			



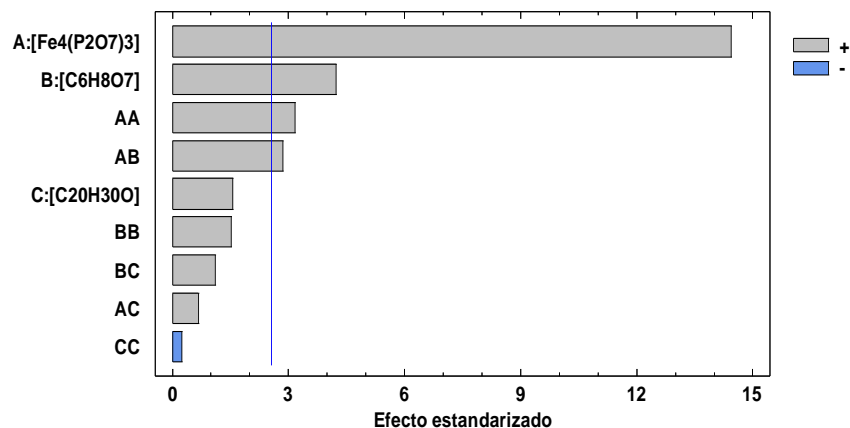
En la tabla 16, se observa que las variables independientes (X1) Conc. de Pirofosfato de hierro, (X2) Conc. de ácido ascórbico y las variables cuadráticas (AA) y la interrelación (AB), tienen un valor  $P < 0.05$ , indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

La Conc. de Retinol (X3), las variables cuadráticas (BB) y (CC), así como las interrelaciones (AC) y (BC) tienen valores  $p > 0,05$ , es decir tienen un efecto no significativo a la variable respuesta (Conc. de hierro). De acuerdo al R- cuadrado indica que el modelo alcanza un 98.04% de confiabilidad de la concentración de hierro en queso andino fortificado.

Los efectos de las variables en estudio, se observa en la figura 12.

**Figura 12**

*Diagrama de Pareto del efecto de las variables es la concentración de hierro en queso andino.*



La ecuación polinomial codificado de superficie de respuesta de la concentración de hierro en queso andino fortificado, tiene el siguiente modelo ajustado:

$$[\text{Fe}] = 181.904 - 2.015 * X_1 - 1.327 * X_2 - 0.036 * X_3 + 0.007 * X_1^2 + 0.006 * X_1 X_2 + 0.0003 * X_1 X_3 + 0.003 * X_2^2 + 0.0004 * X_2 X_3 - 0.00002 * X_3^2$$

Esta ecuación muestra la combinación de variables para alcanzar una respuesta optimizada, maximizando la concentración de hierro en queso andino fortificado, el cual se muestra en la tabla 17.

**Tabla 17**

*Valores óptimos para la concentración de hierro en queso andino fortificado.*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
[Fe <sub>4</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>3</sub> ]	120	140	139.93
[C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> ]	55	75	75.00
[C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O]	500	600	599.95

La máxima concentración de hierro (18,99 mg) en 100 g de queso andino fortificado se logró con los valores de las variables optimizadas 139,93 mg de Pirofosfato férrico liposomal (X1), 75,00 mg de ácido sórbico (X2) y 599,95 mcg de retinol (X3), con una confiabilidad del 98.04%.

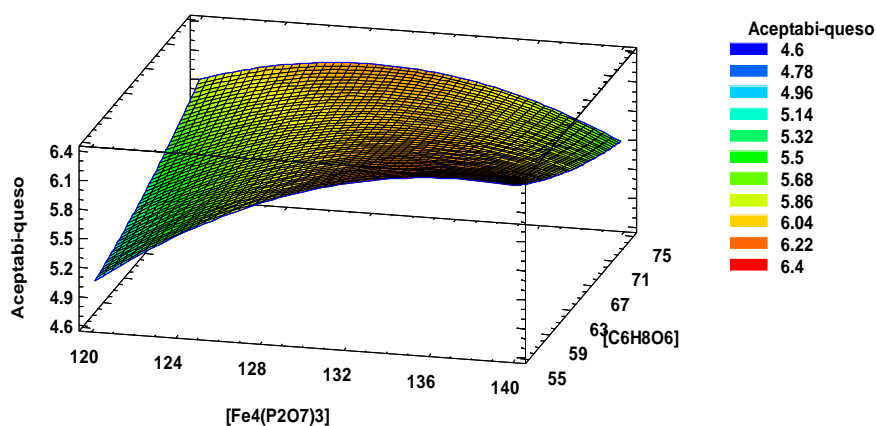
#### **4.3.4 Aceptabilidad en queso andino fortificado**

En la figura 13 se presenta el diagrama de superficie de respuesta en función de las variables independientes Conc. de Pirofosfato ferrico (X<sub>1</sub>), Conc. de ácido ascórbico (X<sub>2</sub>), Conc. de Retinol (X<sub>3</sub>), observándose que es posible alcanzar valores máximos de aceptabilidad a medida que se incrementa la concentración de Pirofosfato férrico.

De la figura 13, se observa que el incremento de la variable (X<sub>1</sub>) concentración de Pirofosfato férrico, se incrementar la aceptabilidad en el queso andino fortificado hasta alcanzar máximos valores cercanos de 136 mg, a partir de ahí los valores de aceptabilidad decrecen en el queso andino fortificado.

**Figura 13**

*Superficie de respuesta de la aceptabilidad en queso andino fortificado.*



Los resultados de la figura 13 concuerda pueden verse afectados debido a las restricciones de solubilidad y estabilidad (Akhtar, Anjum, Rehman, & Munir, 2010); así como las pequeñas microcápsulas desarrolladas tienen diversas formas morfológicas (esféricas e irregulares), lo cual afecta en un menor grado en la aceptabilidad del queso andino (Jafari, Fathi, & Mandala, 2015).

El ANVA de la aceptabilidad en queso andino fortificado se observa en la tabla 18.

**Tabla 18**

*ANVA de la maximización de la aceptabilidad en queso andino fortificado.*

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:[Fe <sub>4</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>3</sub> ]	0.4753	1	0.4753	5.93	0.0589
B:[C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub> ]	0.0000	1	0.0000	0.00	1.0000
C:[C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O]	0.2016	1	0.2016	2.52	0.1735
AA	0.6973	1	0.6973	8.71	0.0319
AB	0.6561	1	0.6561	8.19	0.0353
AC	0.0272	1	0.0272	0.34	0.5852
BB	0.0224	1	0.0224	0.28	0.6194
BC	0.0009	1	0.0009	0.01	0.9197
CC	0.2683	1	0.2683	3.35	0.1267
Error total	0.4005	5	0.0801		
Total (corr.)	2.7275	14			

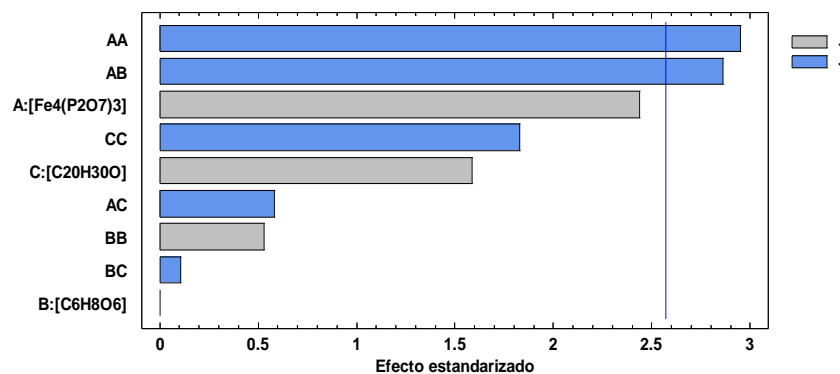
La tabla 18 del ANVA muestra la variabilidad de la Aceptabilidad del queso andino fortificado según las variables independientes para cada uno de los efectos. La variable cuadrática (AA), así como la interrelación (AB) tienen valores  $p < 0,05$ , es decir tienen un efecto significativo a la variable respuesta (Aceptabilidad), con un nivel de confianza del 95.0%.

Las otras variables, tienen valores de  $P > 0.05$ , lo que indica que no son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%, es decir no tienen efectos sobre la variable respuesta Aceptabilidad.

Los efectos de las variables en estudio, se observa en la figura 14.

**Figura 14**

*Diagrama de Pareto del efecto de las variables en la aceptabilidad del queso andino fortificado.*



La ecuación polinomial codificado de superficie de respuesta de la aceptabilidad en queso andino fortificado, tiene el siguiente modelo ajustado:

$$\text{Aceptabi-queso} = -148.743 + 1.508 * X_1 + 0.442 * X_2 + 0.145 * X_3 - 0.004 * X_1^2 - 0.004 * X_1 * X_2 - 0.0002 * X_1 * X_3 + 0.0008 * X_2^2 - 0.00003 * X_2 * X_3 - 0.0001 * X_3^2$$

Esta ecuación muestra la combinación de las variables en estudio para alcanzar una respuesta optimizada, maximizando la aceptabilidad en el queso andino fortificado, cuyos valores se muestra en la tabla 19.

**Tabla 19**

*Valores óptimos para la aceptabilidad en queso andino fortificado.*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
[Fe <sub>4</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>3</sub> ]	120	140	137.27
[C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub> ]	55	75	55.00
[C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O]	500	600	560.54

Con las variables optimizadas, se puede maximizar la aceptabilidad hasta valores de 6,37 unidades.

Para determinar los valores de las variables optimizadas en queso andino se elegio la variable respuesta Aceptabilidad debido a que más efecto generó en los niños, considerando como variables concentración de Pirofosfato férrico (X1: 137.27 mg), Concentración de ácido ascórbico (X2: 55 mg), Concentrado de Retinol (X3:560.54 mcg).

#### **4.3.5 Características químicas y físico química de leche pasteurizada y queso andino optimizados.**

Las características químicas de la leche pasteurizada y del queso andino fortificado obtenidos, se muestran en la tabla 20.

**Tabla 20**

*Composición química de la leche pasteurizada y queso andino.*

<b>Nutriente</b>	<b>Unid</b>	<b>Valor</b>	
		<b>Leche past.</b>	<b>Queso andino</b>
Agua	g	87.15	44.55
Hidratos de carbono	g	5.61	1.24
Proteínas	g	3.22	19.58
Grasa total	g	3.49	29.08
Ceniza	g	0.62	4.55
Hierro	mg	14.30	18.26

De acuerdo con los resultados obtenidos en leche pasteurizada concuerda con los valores de humedad reportados por (Alais, 1984); en el caso de hidratos de carbono, proteínas, grasas y cenizas, su contenido resulto superior al 4,97 g de carbohidratos, 3.19 g de proteínas y 3.11 g de grasa e inferior al 0.71 g de cenizas reportado por (Guzmán, De Pablo, C., Zacarías, & Nieto, 2003).

En queso andino la humedad de 44,55%, proteínas 19,58%, grasa 29,08% fue menor al reportado por (Álvaro, 2018), sin embargo, resultado con mayores valores la composición de ceniza e hidratos de carbono. Estas variaciones en los productos lácteos se deben a varios factores como la alimentación, raza de las vacas, clima, etc. (Alais, 1984).

**Tabla 21**

*Composición físico química de la leche pasteurizada y queso andino.*

Parámetros	Unid.	Valor	
		Leche past.	Queso andino
Densidad 15°C	g/mL	1.027	-
Acidez titulable	% de ácido láctico	0.174	6.150
pH		6.703	6.030
Sólidos totales	%	12.760	57.710

Con los resultados de la tabla 21, podemos indicar que los parámetros para leche pasteurizada en densidad dentro del rango (Bracho-Espinoza, 2013), en acidez titulable y solidos solubles están dentro del rango aceptable de la leche pasteurizada, según (NTP 202.001-2003, 2022).

En el caso de solidos totales (57.71%) alcanzados por el queso andino, este resulto superior al (mínimo 43%) reportado por (QALYWARMA, 2021); en cuanto a acidez titulable (6.15) este resulto superior al reportado (5.0-5.8%) por (García, López, & Pianta, 2004) y en cuanto a pH (6.03) este alcanzo el rango (5.35-6.52) recomendado por (Calampa, Fernández-Jerry, & Bernal, 2018).

#### 4.3.6 Efecto de la leche fortificado en los niveles de hemoglobina

Para evaluar el efecto en los niveles de hemoglobina en la muestra de niños convalecientes en estudio se tomó los valores optimizados con la variable respuesta Aceptabilidad para leche pasteurización, cuyos resultados obtenidos se muestra en el anexo 02 y figura 15.

**Tabla 22**

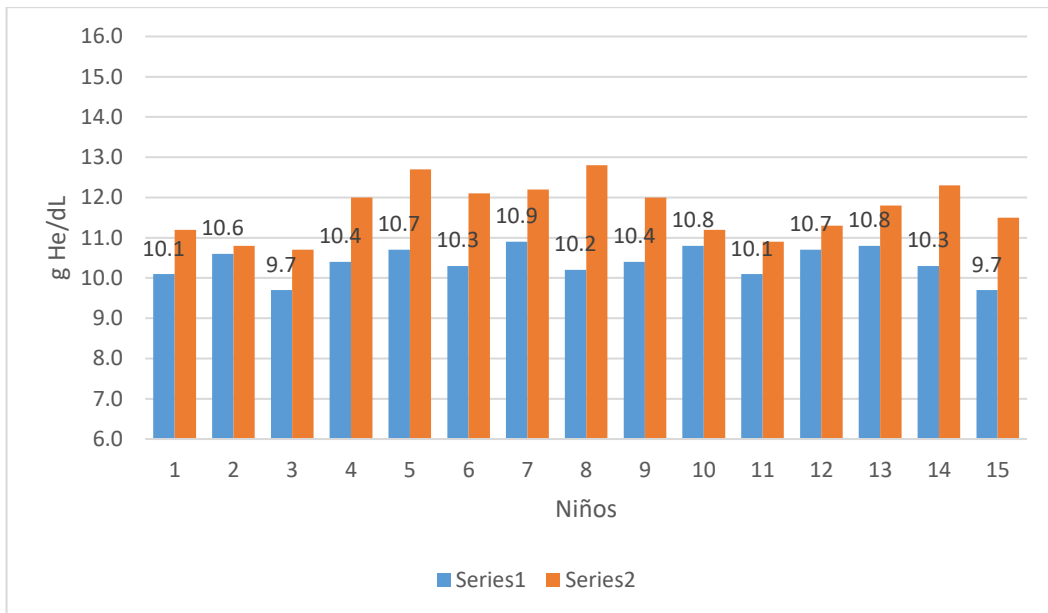
*Variación de la hemoglobina en niños por consumo de leche pasteurizada.*

Niños	Hemoglobina inicial	Hemoglobina final	Variación del valor de HB	Variación % de HB
1	10.1	11.2	1.1	10.9%
2	10.6	10.8	0.2	1.9%
3	9.7	10.7	1.0	10.3%
4	10.4	12	1.6	15.4%
5	10.7	12.7	2.0	18.7%
6	10.3	12.1	1.8	17.5%
7	10.9	12.2	1.3	11.9%
8	10.2	12.8	2.6	25.5%
9	10.4	12	1.6	15.4%
10	10.8	11.2	0.4	3.7%
11	10.1	10.9	0.8	7.9%
12	10.7	11.3	0.6	5.6%
13	10.8	11.8	1.0	9.3%
14	10.3	12.3	2.0	19.4%
15	9.7	11.5	1.8	18.6%
Media	10.4	11.7	1.3	12.8%
Des Stan	0.3783	0.6719	0.6721	0.0659
Error típico	0.1011	0.1796	0.1796	0.0176

En la tabla 22, se aprecia que el promedio de incremento de hemoglobina en niños por consumo de leche pasteurizada fue de 12.8%, siendo un resultado alentador.

**Figura 15**

*Variación de los niveles de hemoglobina en niños por consumo de leche pasteurizada.*



**Nota.** Se grafico con los datos obtenidos del anexo 06.

De la figura 15, el mínimo incremento de hemoglobina por el consumo de leche pasteurizada fortificada encontrado en el segundo niño fue de 0,2 g de He/dL, y el mayor incremento se alcanzó en el octavo nivel con un incremento de 2,6 g de He/dL. Sin embargo, en promedio se alcanzó un incremento promedio de 1,3 g de He/dL.

De acuerdo al incremento de la hemoglobina en niños en el estudio, se puede fundamentar en la presencia de ácido ascórbico (vitamina C), ácido fólico, ácido cítrico, péptidos ricos en aminoácido cisteína y la vitamina A, debido a que son potenciadores de la absorción de hierro (Hallberg, Hoppe, Andersson, & Hulthén, 2003); así mismo la vitamina A puede prevenir los efectos inhibitorios resultantes del



café, el té y fitatos. El alcohol puede aumentar la absorción de hierro férrico, pero no de hierro ferroso (Hallberg, Hoppe, Andersson, & Hulthén, 2003; MINSA, 2019).

Sin embargo, el bajo incremento de hemoglobina de los niños es estudio se puede basar en varios factores, siendo uno de ellos la biodisponibilidad del compuesto, así como por el consumo de otros alimentos con compuestos anti nutricionales que bloquean la adsorción de hierro (Haro, Martinez, Periago, & Ros, 2005).

Para ver el efecto del consumo de la leche pasteurizada fortificada en el incremento de hemoglobina en los niños, se utilizó la prueba t de student para muestras relacionadas, cuyos resultados se observa en la tabla 22.

**Tabla 23**

*Prueba t de student en leche pasteurizada para muestras relacionadas.*

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. estándar	Media del error	95% de intervalo de confianza				
				Inferior	Superior			
LecheHel - LecheHeF	-1.320	0.672	0.174	-1.692	-0.948	-7.607	14	0.000

**Nota.** Los datos fueron tomados del anexo 04

Asumiendo un nivel de confianza del 95% constatamos que  $p < \alpha$  ( $0.000 < 0.05$ ), lo cual nos induce a rechazar la hipótesis nula ( $H_0: \mu = 0$ ). Este resultado del análisis estadístico nos indica que las muestras de leche pasteurizada fortificada con Pirofosfato férrico liposomal y complementada con vitamina C y vitamina A tuvo efectos positivos en el incremento de la Hemoglobina en los niños menores a 10 años, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a: \mu \neq 0$ ), es decir se logró tener efecto en incrementar la hemoglobina en los niños convalecientes de Anemia considerados en la muestra en estudio.

#### 4.3.7 Efecto del queso andino en los niveles de hemoglobina

Para evaluar en queso andino fortificado los niveles de hemoglobina en niños se tomó los valores optimizados (X1) Pirofosfato férrico 137.27 mg, (X2) Concentración de ácido ascórbico 55 mg y X3 Concentrado de Retinol 560.54 mcg, los cuales maximizaron el valor de la variable respuesta Aceptabilidad, cuyos resultados obtenidos se muestra en el anexo 05 y en la figura 16.

**Tabla 24**

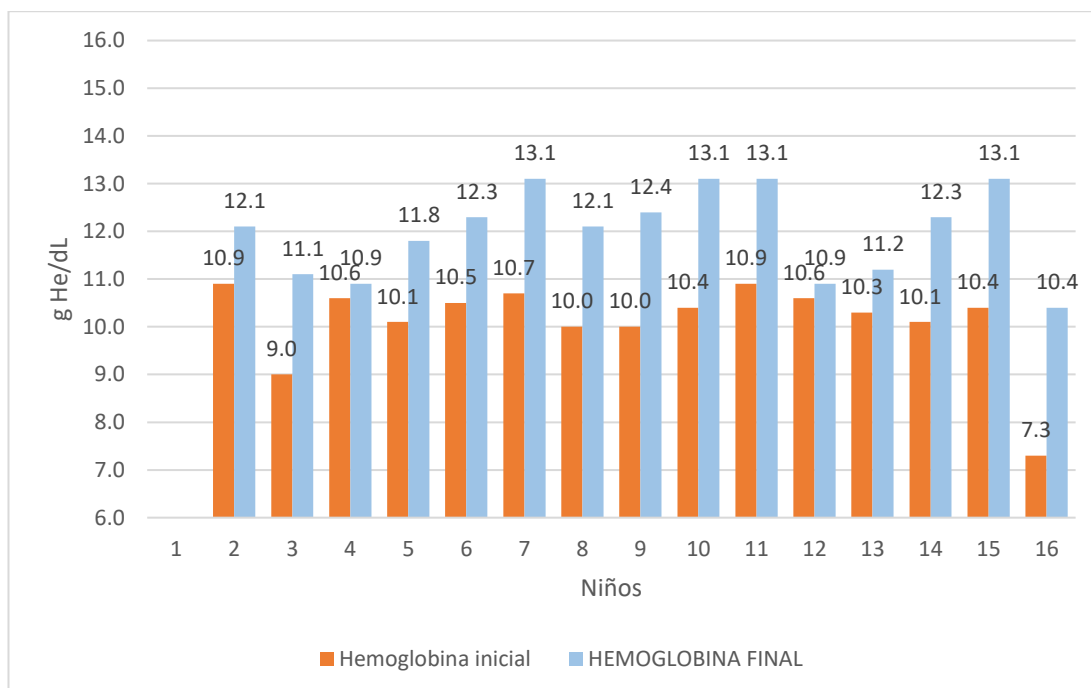
*Variación de la hemoglobina en niños por consumo de queso andino fortificado.*

Niños	Hemoglobina inicial	HEMOGLOBINA FINAL	VARIACION DEL VALOR DE HB	VARIACION % DE HB
1	10.9	12.1	1.2	11.0%
2	9.0	11.1	2.1	23.3%
3	10.6	10.9	0.3	2.8%
4	10.1	11.8	1.7	16.8%
5	10.5	12.3	1.8	17.1%
6	10.7	13.1	2.4	22.4%
7	10.0	12.1	2.1	21.0%
8	10.0	12.4	2.4	24.0%
9	10.4	13.1	2.7	26.0%
10	10.9	13.1	2.2	20.2%
11	10.6	10.9	0.3	2.8%
12	10.3	11.2	0.9	8.7%
13	10.1	12.3	2.2	21.8%
14	10.4	13.1	2.7	26.0%
15	7.3	10.4	3.1	42.5%
Media	10.1	12.0	1.9	19.1%
Des Stan	0.9096	0.9130	0.8506	0.1006
Error típico	0.2431	0.2440	0.2273	0.0269

De la tabla 24, se aprecia que el mayor porcentaje de incremento de hemoglobina en niños por el consumo de queso andino fortificado fue de 42,5%, siendo en promedio el 19,1%.

**Figura 16**

*Variación de los niveles de hemoglobina en niños por consumo de queso andino.*



**Nota.** Se grafico con los datos obtenidos del anexo 05.

De la figura 16, el mínimo incremento de hemoglobina por el consumo de queso andino fortificado encontrado en el tercer niño fue de 0,3 g de He/dL, y el mayor incremento se alcanzó en el quinceavo niño con un incremento de 3,1 g de He/dL. Sin embargo, en promedio se alcanzó un incremento promedio de 1,9 g de He/dL.

En el Perú no existe estudios de efectos de Pirofosfato férrico micro encapsulados en queso andino; sin embargo existe estudios en otros tipos de queso, que por su composición se puede afirmar que el incremento de los gramos de hemoglobina en sangre en los niños por el consumo de queso andino radica en varios factores, siendo la solubilidad un factor muy importante en su biodisponibilidad, tal es así que el Pirofosfato férrico liposomal es muy poco soluble en agua (Navarrete, Camacho, Martínez-Lahuerta, Martínez-Manzo, & Fito, 2002).

Ademas el uso de Pirofosfato ferrico liposomal, represneta una alternativa nueva, especialmente por su biodisponibilidad, tal es asi que varios investigadores han investigado la biodisponibilidad de liposomas de sulfato ferroso. Los resultados revelaron que FeSO<sub>4</sub> microencapsulado con lecitina tiene la misma biodisponibilidad que el FeSO<sub>4</sub>, pero tiene la ventaja de estar recubierto con un fosfolípido membrana que evita que el hierro entre en contacto con los otros componentes de los alimentos, previniendo así las interacciones indeseables que ocurrían cuando se usaba el FeSO<sub>4</sub> convencional (Lysionek, y otros, 2002; Xia & Xu, 2005).

Para evaluar el efecto del queso andino fortificado en el incremento de la hemoglobina en niños entre 5 a 10 años se utilizó la prueba t de student para muestras relacionadas, los resultados obtenidos se observan en la tabla 23.

**Tabla 25**

*Prueba t de student en queso andino para muestras relacionadas.*

	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% intervalo de confianza				
				Inferior				Superior
QuesoHel - QuesoHeF	-1.873	0.851	0.220	-2.344	-1.402	-8.530	14	0.000

**Nota.** Los datos fueron tomados del anexo 04

Asumiendo un nivel de confianza del 95% constatamos que  $p < \alpha$  ( $0.000 < 0.05$ ), lo cual nos induce a rechazar la hipótesis nula ( $H_0: \mu = 0$ ). Este resultado de la prueba de student nos indica que las muestras de queso andino fortificada con Pirofosfato férrico liposomal tuvo efectos positivos en el incremento de la Hemoglobina en los niños menores a 10 años, por lo tanto, ser acepta la hipótesis alternante ( $H_a: \mu \neq 0$ ).

#### 4.3.8 Niveles de hemoglobina alcanzados con leche fortificada y queso andino en niños

Los resultados de comparación entre productos como leche fortificada y queso andino fortificado, se puede apreciar en la tabla 24.

**Tabla 26**

*Comparación entre el incremento de hemoglobina entre productos.*

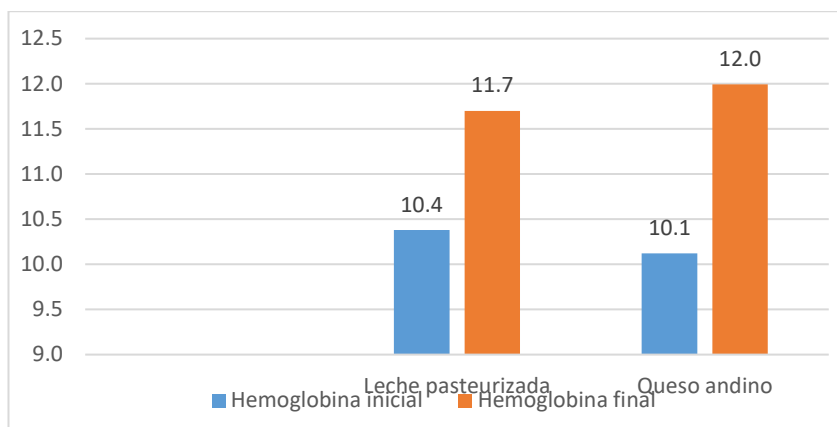
Productos	Hemoglobina inicial g de He/DL	Hemoglobina final g de He/DL
Leche pasteurizada	10.4	11.7
Queso andino	10.1	12.0

**Nota.** Tomado de los anexos 4 y 5.

Los resultados de la tabla 24, nos muestra que el promedio del incremento de hemoglobina en niños convalecientes de 5 a 10 años que consumieron leche pasteurizada fortificada y queso andino fortificado fue positiva, produciendo un incremento en el grupo de referencia de manera significativa; sin embargo el queso andino fortificado como vehículo alimenticio mostro mejores resultados, alcanzo incrementos de 1,90 g en un periodo de 30 días de prueba, comparados con el 1,32 g, ( $p > 0.05$ ) en leche fortificada.

**Figura 17**

*Comparación del incremento de hemoglobina por producto.*



**Nota.** Tomado de los anexos 1 y 2.

Los resultados de la figura 17, nos indican que para la leche fortificada se alcanzó un incremento de 12,70%, mientras que el queso andino se alcanzó un incremento del 18,5% en el grupo de referencia, siendo más alentador los resultados obtenidos en queso andino fortificado.

En general al efectuar el análisis de los resultados de incremento de hemoglobina, se puede afirmar que en leche fortificada con Pirofosfato férrico liposomal, con ácido ascórbico y retinol se alcanzó un incremento de 1,32 g, ( $p > 0.05$ ), resultando superior al 1,13 g/dL, ( $p < 0,05$ ) obtenido en leche fortificada con por (Grijalva-Haro, y otros, 2014), asimismo resultado superior a los 115 g He/L recomendado por la WHO-UNICEF en niños entre 6 a 11 años (Haro, Martinez, Periago, & Ros, 2005).

En cuanto a los resultados del incremento de hemoglobina mediante el consumo de queso andino fortificado con Pirofosfato férrico liposomal, ácido ascórbico y retinol fue de 1,87 g, ( $p > 0.05$ ), representa una buena alternativa como vehículo alimenticio en la fortificación de alimentos, a pesar que no se ha realizada investigaciones de fortificación de queso andino con fortificadores micro

encapsulados, sin embargo, el proceso de fortificar queso ha sido lento debido al bajo consumo per cápita de queso por persona en Latinoamérica, si el incremento en el consumo continúa, el queso podría ser un interesante vehículo para la fortificación con nutrientes esenciales (Ramírez-Navas & Stouvenel, 2011, pág. 52).

Además se puede indicar que (Kwak, Ju, Ahn, Ahn, & Lee, 2003), fortificó queso Cheddar, con sulfato de amonio ferrico y ácido ascórbico, alcanzando resultados negativos en los aspectos sensoriales, siendo el amargor, la astringencia y la acidez fueron mayores en comparación con el queso no fortificado; sin embargo en la investigación realizada fortificando queso andino con Pirofosfato ferrico liposomal, ácido ascórbico y retinol los resultados fueron positivos en aceptabilidad y contenido de hierro en el queso; por consiguiente la no alteración de la aceptabilidad al emplear el Pirofosfato ferrico liposomal en combinación con ácido ascórbico en derivados lácteos valida su estabilidad en productos fortificados (Lipotech, 2022).

## V CONCLUSIONES

Las conclusiones llegadas en la tesis fueron las siguientes:

1. En leche pasteurizada se evaluó sus características químicas y físico químicas obteniendo valores de humedad de 87,15%, proteínas 3,22%, grasa 3,49%, ceniza 0,62% e hidratos de carbono 5.61%; asimismo se reportó valores de pH de 6,70, acidez titulable 0,17% de ácido láctico, densidad de 1.027 g/mL y solidos totales 12.76. Para el queso andino se determinó sus características químicas con un contenido de humedad de 44,55%, proteínas 19,58%, grasa 29,08%, ceniza 4,55% e hidratos de carbono 5.61%; en cuanto a sus características físico químicas, se reportó valores de pH de 6,00, acidez titulable 6,15% de ácido láctico y solidos totales 57.71.
2. La fortificación con pirofosfato férrico en leche pasteurizada permitió alcanzar una concentración de hierro de 15,77 mg Fe/100 g de muestra, siendo las variables optimizadas X1: 140,00 mg de Pirofosfato férrico liposomal, X2: 75,00 mg de ácido ascórbico y X3: 600,00 mcg de retinol; resultando que la variable de Pirofosfato férrico liposomal logrando un efecto significativo positivo. En cuando a la Aceptabilidad en leche pasteurizada se alcanzó el valor de 6,00 (Me gusta mucho), el cual fue alcanzado con X1: 130,76 mg de Pirofosfato férrico liposomal, X2: 66,10 mg de ácido ascórbico y X3: 554,41 mcg de retinol, resultando que ninguna variable tiene efecto significativo en la aceptabilidad.
3. La máxima concentración del hierro en queso andino, como variable respuesta fue 18,99 g He/dL, el cual fue alcanzado con X1: 139,93 mg de Pirofosfato férrico liposomal, X2: 75,00 mg de ácido ascórbico y X3: 599,95 mcg de retinol; asimismo el máximo valor de Aceptabilidad en queso andino fue 6,36 puntos alcanzado con 137,27 mg Pirofosfato férrico liposomal, 55,00 mg de ácido ascórbico y 560,54 mcg de retinol, obteniendo una ecuación polinomial



codificado de Aceptabilidad en queso andino fortificado, resultando que la variable cuadrática A(Pirofosfato férrico liposomal) y la interrelación AB(Pirofosfato férrico liposomal y ácido ascórbico) tienen efectos significativos en la concentración de hierro y en la aceptabilidad en leche pasteurizada y en el queso andino.

4. Los niveles de hemoglobina promedio inicial en el grupo de referencia 1 para leche fortificada con Pirofosfato férrico liposomal (130,76 mg), ácido ascórbico(66,10 mg) y retinol (554.41 mcg) optimizados fue de 10,4 g He/dL alcanzando valores después de 30 días de 11,7 g He/dL logrando un efecto estadístico significativo positivo alcanzando un incremento del 12,70% (1,32 g,  $p>0.05$ ); para queso andino fortificado con Pirofosfato férrico liposomal (137,27 mg), ácido ascórbico(55,00 mg) y retinol (560.54 mcg) correspondiente al grupo 2 el valor inicial de hemoglobina fue de 10,1 g He/dL alcanzando valores después de 30 días de 12,0 g He/dL logrando un efecto estadístico significativo positivo al incrementar un 18,50% (1,87 g,  $p>0.05$ ), de acuerdo con estos resultados con el queso andino fortificado optimizados se logró un mayor incremento de hemoglobina positivo en los niños en estudio.

## **RECOMENDACIONES**

1. Continuar con la investigación incrementando la concentración de Pirofosfato férrico liposomal, así como utilizando nuevos fortificadores en la elaboración de queso andino.
2. Investigar el efecto del Pirofosfato Férrico liposomal en otros alimentos que sirvan de vehículo para reducir la anemia en niños en edad escolar.
3. Uniformizar las muestras de niños para próximos estudios de fortificación de alimentos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrobit. (12 de 09 de 2022). *Ganadería: Composición de la leche y Valor Nutritivo*. Obtenido de [https://agrobit.com/info\\_tecnica/ganaderia/prod\\_lechera/ga000002pr.htm](https://agrobit.com/info_tecnica/ganaderia/prod_lechera/ga000002pr.htm)
- AINIA. (2015). *Interés creciente de la microencapsulación entre fabricantes de aditivos e ingredientes*. Recuperado el 22 de 09 de 2022, de <http://tecnoalimentalia,ainia.es/web/tecnoalimentalia/ultimastecnologias/-/articulos/rT64/content/interes-creciente-de-la-microencapsula>
- Akhtar, S., Anjum, F., Rehman, S., & Munir, A. (2010). Effect of storage and baking on mineral contents of fortified whole wheat flour. *Journal of Food Processing and Preservation*,(34), 335-349. Recuperado el 11 de 09 de 2022, de <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4549.2009.00405.x>
- Alais, C. (1984). *Ciendia de la leche. Principios de técnicas lecheras*. México: CECSA.
- Alfaro, T., & Carvajal, D. (2001). Influencia de la deficiencia de vitamina A sobre la anemia en niños(as) preescolares de Costa Rica. *Acta pediátrica Costarricense*, 15(2), 12-21.
- Almanza, F., & Barrera, E. (1991). *Tecnología de leches y derivados*. Santa Fé de Bogota: UNISUR.
- Alvaro, E. (2018). Diseño de un proceso industrial para la elaboración de queso andino en la planta de acopio de la leche. *Dspace.Epoch*, 1-142.
- Álvaro, E. (2018). Diseño de un proceso industrial para la elaboración de queso andino en la planta de acopio de la leche. *Dspace.Epoch*, 142.
- Álvaro, E. (218). Diseño de un proceso industrial para la elaboración de queso andino en la planta de acopio de la leche. *Dspace.Epoch*, 1-142.
- Andersson, M., Theis, W., Zimmermann, M., Foman, J., Jäkel, M., Duchateau, G., . . . Hurrell, R. (2014). Random serial sampling to evaluate efficacy of iron fortification: A randomized controlled trial of margarine fortification with ferric pyrophosphate or sodium iron edetate. *American Journal of Clinical Nutrition*, 92(5), 1094–1104. Obtenido de <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29523685>
- AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (18th ed.). Gaithersburg: Editorial William Horwitz.
- Arce, A., & Ustunol, Z. (2018). Effect of microencapsulated ferrous sulfate particle size on Cheddar cheese composition and quality. *Journal of Dairy Science*, 101, 6814-6822. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13952>
- Arredondo, M., Kloosterman, J., Núñez, S., Segovia, F., Candia, V., Flores, S., . . . Pizarro, F. (2008). Heme iron uptake by caco-2 cells is a saturable temperature sensitive and modulated by extracellular pH and potassium. *Biol Trace Elem Res*, 125(2), 109-119.
- Beal, T., Massiot, E., Arsenault, J., Smith, M., & Hijmans, R. (2017). Global trends in dietary micronutrient supplies and estimated prevalence of inadequate intakes. *PLOS ONE*, 12(4), 1–20. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175554709>
- Beutler, E., & Waalen, J. (2006). The definition of anemia: what is the lower limit of normal of the blood hemoglobin concentration? *Blood*, 107(5), 1747-1750.
- Blanco, T. (2015). *Alimentación y nutrición. Fundamentos y nuevos criterios* (1era ed.). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. doi:10.19083/978-612-4041-53-2
- Bracho-Espinoza, H. (2013). *Ciencia y tecnología de la leche*. Madrid, España: Editorial Académica Española. Recuperado el 14 de 10 de 2022, de

- <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/primer-capitulo-book-titulado-t44126.htm>
- Cacuango, Y., & Giraldo, C. (2021). Diseño e implementación de buenas prácticas de manufactura en la Quesería Comunitaria Inti Churi. *Tesis para optar el título profesional de ingeniero en industrias pecuarias*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa. Recuperado el 18 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/69.0412.AL.pdf
- Calampa, L., Fernández-Jerry, A., & Bernal, W. (2018). Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de queso fresco en las cuencas lecheras de la Región Amazonas. *Agroindustrial Science*, 117-121. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindsience/article/view/2241/2127>
- Cardero, R., Sarmiento, R., & Capdesuñer, S. (2009). Importancia del consumo de hierro y vitamina C para la prevención de anemia ferropénica. *MEDISAN*, 13(6). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1029-30192009000600014#:~:text=El%20potenciador%20mejor%20conocido%20es,este%20mineral%20desde%20los%20dep%C3%B3sitos](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192009000600014#:~:text=El%20potenciador%20mejor%20conocido%20es,este%20mineral%20desde%20los%20dep%C3%B3sitos).
- Carpenter, C., & Mahoney, A. (1992). Contributions of heme and nonheme iron to human nutrition. *Food Science*, 31, 333-367.
- Castaño, A., Patiño, A., & Quinteros, C. (2015). Determinación de hierro por espectrofotometría visible. 7. Recuperado el 06 de 11 de 2021, de [https://www.academia.edu/39947123/\\_3\\_Determinacion\\_de\\_hierro\\_por\\_espectrofotometria\\_visible](https://www.academia.edu/39947123/_3_Determinacion_de_hierro_por_espectrofotometria_visible)
- Castrillón, D., & Serpa, A. (2013). Adición de vitaminas A, B, C, D y de los minerales hierro y calcio en productos lácteos para niños entre 1 y 4 años. *Tesis para optar el título de Ingeniero en Alimentos*. Corporación Universitaria Lasallista, Antioquía.
- Choque, S. (2021). Preservación de la calidad del queso andino con la aplicación de recubrimiento comestible a base de proteínas biodegradables de suero lácteo. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniera en Industria Alimentaria*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú. Recuperado el 6 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/69.0412.AL.pdf
- Concepción, C. (2002). *Tecnología de Alimentos: Análisis Sensorial de los Quesos*. Development Initiatives. (2018). Global Nutrition Report: Shining a Light to Spur Action on Nutrition. *Development Initiatives*.
- DGPA. (2005). *Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche*. Lima: DGPA. Obtenido de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3\\_uibd.nsf/7AE7E7AB111562710525797D00789424/%24FILE/Aspectosnutricionalesytecnol%C3%B3gicosdelaleche.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/7AE7E7AB111562710525797D00789424/%24FILE/Aspectosnutricionalesytecnol%C3%B3gicosdelaleche.pdf)
- Dieta y Nutrición. (03 de 05 de 2022). *Dieta y Nutrición*. Obtenido de Información nutricional del queso fresco: <http://www.dietaynutricion.net/informacion-nutricional-de/queso-fresco/>
- Ding, B., Zhang, X., Hayat, K., Xia, S., Jia, C., Xie, M., & Liu, C. (2011). Preparation, characterization and the stability of ferrous glycinate nanoliposomes. *Journal Food Engineering*, 202-208.
- Duran, E., Villalobos, C., Churio, O., Pizarro, F., & Valenzuela, C. (2017). Encapsulación de hierro: Otra estrategia para la prevención o tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(3), 234-243. Recuperado el 22 de 09 de 2022, de <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182017000300234>

- Dutch State Mines. (15 de 02 de 2014). *Folic Acid Food Grade and Dry Vitamin A Palmitate 250 S/N*.
- Fang, Z., & Bhandari, B. (2012). Spray drying, freeze drying and related processes for food ingredient and nutraceutical encapsulation. (N. M. Garti, Ed.) *Encapsulation Technologies and Delivery Systems for Food Ingredients and Nutraceuticals*, 73-109.
- FAO. (03 de 10 de 2022). *Portal lácteo*. Obtenido de <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/composicion-de-la-leche/es/#:~:text=La%20leche%20proporciona%20nutrientes%20esenciales,vitamina%20B12%20y%20%C3%A1cido%20pantot%C3%A9nico>.
- Freire, W. (1998). La anemia por deficiencia de hierro: estrategias de la OPS/OMS para combatirla. *Salud pública de México*, 40(2), 199-205.
- García, F., López, J., & Pianta, A. (2004). *Humedad de los quesos madurados*. Mexico: Trillas.
- Gaucheron, F. (2000). Iron fortification in dairy industry. *Trends Food Sci Tech*, 11, 403-409.
- Gómez, S. (12 de 08 de 2022). *Nutrición*. Obtenido de [https://www.alimente.elconfidencial.com/nutricion/2020-03-03/como-favorecer-absorcion-hierro-alimentos\\_1915770/](https://www.alimente.elconfidencial.com/nutricion/2020-03-03/como-favorecer-absorcion-hierro-alimentos_1915770/)
- Grijalva-Haro, M., Chavarria, E., Artalejo, E., Nieblas, A., Ponce, J., & Robles-Sardin, A. (2014). Efecto de la leche fortificada Liconsa en el estado de hierro y zinc en preescolares Mexicanos. *Nutrición Hospitalaria*, 331-336. Recuperado el 26 de 10 de 2022, de <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v29n2/12originalpediatria02.pdf>
- Grudem, S., & Debustos, C. (2014). Situación de la fortificación de alimentos en el Perú. Programa Mundial de Alimentos. Obtenido de [http://www.bvs.ins.gob.pe/congresos/images/ponencias/dia\\_8/sala\\_ABC\\_3ra\\_mesa/1\\_y\\_2\\_PMA\\_](http://www.bvs.ins.gob.pe/congresos/images/ponencias/dia_8/sala_ABC_3ra_mesa/1_y_2_PMA_)
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México D.F, México: Mc Graw Hill.
- Guzmán, E., De Pablo, S., C., Y., Zacarías, H., & Nieto, S. (2003). Estudio comparativo de calidad de leche fluida y en polvo. *Revista chilena de pediatría*, 74(3), 277-286. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062003000300005>
- Hallberg, L., Hoppe, M., Andersson, M., & Hulthén, L. (2003). The role of meat to improve the critical iron balance during weaning. *Pediatrics*, 111(4), 864–870. doi:<https://doi.org/10.1542/peds.111.4.864>
- Haro, J., Martínez, G., Periago, M., & Ros, G. (2005). Prevención de la deficiencia de hierro. *Anales de veterinaria y nutrición*, 7-21.
- Hernández, S. (2005). *Evaluación sensorial*. Bogota: UNAD. Recuperado el 15 de 03 de 2021, de <https://www.coursehero.com/file/45917368/Hernandez-2005-evaluacion-sensorialpdf/>
- Hurrell, L. (2021). Iron Fortification Practices and Implications for Iron Addition to Salt. *The Journal of Nutrition*, 35-145. doi:<https://doi.org/10.1093/jn/nxaa175>
- Hurrell, R. (1997). Preventing iron deficiency through food fortification. *Nutrition Review*, 55(6), 210-222.
- Hurrell, R. (2018). Efficacy and Safety of Iron Fortification. In *Food Fortification in a Globalized World*. Elsevier, 195-212. doi:<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802861-2.00020-1839>
- INS. (18 de 06 de 2022). *Prevención de la anemia*. Obtenido de <https://anemia.ins.gob.pe/situacion-actual-de-la-anemia-c1>
- Jafari, S., Fathi, M., & Mandala, I. (2015). Emerging product formation. Food Waste Recovery: Processing Technologies and Industrial Techniques. *Elsevier Inc.*,

- 293-317. Recuperado el 12 de 06 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128003510000134>
- Jalili, M. (2016). Chemical composition and sensory characteristics of Feta cheese fortified with iron and ascorbic acid. *Dairy Science & Technology*, 96(4), 579.
- Junta de Andalucía. (10 de 01 de 2023). *Determinaciones analíticas de la Leche*. Obtenido de <https://www.juntadeandalucia.es/ifapa/download>
- Kaur, N., Agarwal, A., & Sabharwal, M. (2022). Food fortification strategies to deliver nutrients for the management of iron deficiency anaemia. *Current Research in Food Science*, 2, 2094-2107. doi:<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.10.020>
- Keybiological. (11 de 08 de 2022). *Keybiological*. Obtenido de <https://www.facebook.com/keybiological/posts/1970267386441507/>
- Kumar, S., Anukiruthika, S., Dutta, A., Kashyap, J., & Moses, N. (2020). Anemia por deficiencia de hierro: una revisión completa sobre la absorción de hierro, la biodisponibilidad y los enfoques emergentes de fortificación de alimentos. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 57-58. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.021>
- Kwak, H., Ju, Y., Ahn, H., Ahn, J., & Lee, S. (2003). Microencapsulated iron fortification and flavor development in cheddar cheese. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*(16), 1205-1211.
- kwak, H., Yang, K., & Ahn, J. (2003). Microencapsulated iron for milk fortification. *Journal Agric Food Chem*, 51(26), 7770-7774.
- Lipotech. (5 de 10 de 2022). *Pirofosfato ferrico estabilizado soluble (Ferric Pyrophosphate A.A.S.-HS como nueva fuente de Hierro para fortificación de alimentos. Estudios de biodisponibilidad*. Obtenido de <http://www.lipotech.com.ar/>
- Lopez, A., Cacoub, P., Macdougall, I., & Peyrin-Biroulet, L. (2016). Iron deficiency anaemia. *Lancet* 387, 907-916.
- Lopez, A., Cacoub, P., Macdougall, I., & Peyrin-Biroulet, L. (2016). Iron deficiency anaemia. *Lancet* 387, 907-916. *Lancet* 387, 907-916.
- Lysionek, A., Zubillaga, M., Salgueiro, M., Pineiro, A., Caro, R., Weill, R., & Boccio, J. (2002). Bioavailability of microencapsulated ferrous sulfate in powdered milk produced from fortified fluid milk: a prophylactic study in rats. *Nutrition*, 18, 279-281.
- Martinez-Navarrete, N., Camacho, M., Martinez-Lahuerta, J., Martinez-Monzó, J., & Fito, P. (2002). Iron deficiency and iron fortified foods-a review. *Food Res Int*, 35(2), 225-231.
- Miller, J. (2013). Iron deficiency anemia: a common and curable disease. *Cold Spring Harb Perspect Med*. .
- Milman, N. (2020). A Review of Nutrients and Compounds, Which Promote or Inhibit Intestinal Iron Absorption: Making a Platform for Dietary Measures That Can Reduce Iron Uptake in Patients with Genetic Haemochromatosis. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 373-498.
- Ministerio de Salud. (2017). *Tabla peruana de composición de alimentos*. Lima, Perú: Minsa. Obtenido de <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- MINSA. (06 de 08 de 2019). *Vitamina C aumenta la absorción del hierro en los alimentos*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/49439-vitamina-c-aumenta-la-absorcion-del-hierro-en-los-alimentos>
- MINSA-INS. (2013). *Procedimiento para la determinación de la hemoglobina mediante Hemoglobímetro portátil* (1era ed.). Lima: MINSA-INS. Recuperado el 15 de 11 de 2021, de [https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/cenan/van/tecnica\\_vigilanci](https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/cenan/van/tecnica_vigilanci)

- a\_nutricional/bioquimica/Determinaci%C3%B3n\_hemoglobina\_mediante\_hemoglobina\_portatil.pdf
- Montgomery, D. C. (2001). *Design and analysis of experiments*. Nueva York, EUA: Wiley.
- Mora, J. (2002). Iron supplementation: overcoming technical and practical barriers. *Journal Nutrition*, 132(4), 853-855.
- Murray, R., Granner, D., Mayes, P., & Rodwell, V. (1994). *Bioquímica de Harper* (13 ed.). México: El Manual Moderno. Recuperado el 06 de 12 de 2022
- National Institutes of Health. (19 de 12 de 2019). *Office of dietary Supplement*. Obtenido de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-DatosEnEspañol/#:~:text=La%20vitamina%20C%20conocida%20como,causados%20por%20los%20radicales%20libres>.
- Navarrete, N., Camacho, M., Martínez-Lahuerta, J., Martínez-Manzo, J., & Fito, P. (2002). Iron deficiency and iron fortified foods-a review. *Food Research International*, 35(2), 225-231.
- NTP 202.001-2003. (20 de 01 de 2022). *Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -INDECOPI*. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-pedro-ruiz-gallo/quimica/norma-tecnica-peruana-de-la-leche-y-productos-lacteos/8855121>
- Nutresol. (11 de 09 de 2022). *Microencapsulados*. Obtenido de <https://www.nutresol.com/microencapsulados.html>
- Nutri-facts. (1 de 12 de 2012). *Funciones demostradas y potenciales de la vitamina C*. Obtenido de [https://www.nutri-facts.org/es\\_ES/news/articles/funciones-demostradas-y-potenciales-de-la-vitamina-c.html#:~:text=La%20vitamina%20C%20\(%C3%A1cido%20asc%C3%B3rico,la%20carnitina%20y%20los%20neurotransmisores](https://www.nutri-facts.org/es_ES/news/articles/funciones-demostradas-y-potenciales-de-la-vitamina-c.html#:~:text=La%20vitamina%20C%20(%C3%A1cido%20asc%C3%B3rico,la%20carnitina%20y%20los%20neurotransmisores).
- Olivares, M. (2002). Bioavailability of Microencapsulated Ferrous Sulfate in Milk. *Nutrition*, 18(3), 285-286. Recuperado el 12 de 06 de 2022, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2022-F/4%20Leche%20Jairo/bibliografia/fortificacion%20de%20alimentos/6-olivares2002.pdf>
- OMS-FAO. (2017). *Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes*. Zúrich, Suiza: OMS-FAO. Recuperado el 16 de 06 de 2022, de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255541/9789243594019-spa.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (2002). *Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos. Guía para América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.: PAHO. Obtenido de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2009/Compuestos-hierro-Esp.pdf>
- Otten, J., Pitzel, J., & Meyers, L. (2006). *Dietary reference intakes: The essential guide to nutrient requirements*. Washington, D.C: Institute of medicine of the national academies.
- Pajuelo, J., Vergara, G., & Cruz, G. (2001). Coexistencia de problemas nutricionales en niños de 6 a 9 años de edad, de centros educativos estatales de Matucana, Santa Eulalia y Lima. *Anales de la Facultad de Medicina*, 62(4), 312-316. Recuperado el 06 de 11 de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/379/37962404.pdf>
- Parra-Huertas, R. (2010). Microencapsulación de Alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 65(2), 5669-5684. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179918602020>
- Pavón, Y. L., Galante, M., Boeris, V., Risso, P., Lazzaroni, S., & Rozycki, S. (2015). Desarrollo de quesos frescos funcionales y saludables a partir de leche

- bovina. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 40-48. Obtenido de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/51658>
- Perez-Moral, N., Gonzalez, M., & Parker, R. (2013). Preparation of iron-loaded alginate gel beads and their release characteristics under simulated gastrointestinal conditions. *Food Hydrocolloid*, 31(1), 114-120.
- Portal-Ayacucho. (30 de 12 de 2022). *Portal-Ayacucho*. Obtenido de <https://portalayacucho.pe/politica/ayacucho/incluir-para-crecer-las-ambiciosas-metas-en-la-lucha-contra-la-anemia-y-dci/>
- QALYWARMA. (15 de 09 de 2021). *info.qaliwarma*. Obtenido de <https://info.qaliwarma.gob.pe/datpub/uop/catalogo/2022/53-QUESOS-MADURADOS.pdf?v=1.0>
- Quiroz, P. (2009). Relación de la reserva de Hierro y la ingesta de Vitamina A en el rendimiento escolar de adolescentes. *Renut.*, 3(7), 333-344.
- Ramírez-Navas, J., & Stouvenel, A. (2011). Fortificación de leche y derivados lácteos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*(67), 46-65. Recuperado el 11 de 08 de 2022, de [https://www.researchgate.net/publication/257890645\\_Fortificacion\\_de\\_leche\\_y\\_derivados\\_lacteos](https://www.researchgate.net/publication/257890645_Fortificacion_de_leche_y_derivados_lacteos)
- Rodríguez, P. (2001). Ingesta de minerales y vitaminas en la población infantil. *NUTRICIÓN*, 90-94. Recuperado el 12 de 08 de 2020, de <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13023370>
- Sánchez-Vega, R., & Sepúlveda-Ahumada, D. (2020). Proteínas y péptidos lácteos. En B. Valenzuela, *Lácteos: Nutrición y salud* (pág. 398). Santiago: Corporación Consorcio Lechero.
- Sancjez-Abanto, J. (2012). Evolución de la desnutrición crónica en menores de cinco años en el Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 29(3), 402-405. Recuperado el 18 de 06 de 2020, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v29n3/a18v29n3.pdf>
- Stevens, G., Finucane, M., De-Regil, L., Paciorek, C., Flaxman, S., Branca, F., . . . Ezzati, M. (2013). Global, regional, and national trends in haemoglobin concentration and prevalence of total and severe anaemia in children and pregnant and non-pregnant women for 1995-2011: a systematic analysis of population-representative data. *Lancet Global Health*, 616-625.
- Stevens, G., Finucane, M., De-Regil, L., Paciorek, C., Flaxman, S., Branca, F., . . . Ezzati, M. (2013). Global, regional, and national trends in haemoglobin concentration and prevalence of total and severe anaemia in children and pregnant and non-pregnant women for 1995-2011: a systematic analysis of population-representative data. *Lancet Global Health* 1, 616-625.
- Stolfus, R., & Dreyfuss, M. (1998). *Guidelines for the Use of iron supplements to prevent and treat iron deficiency anemia*. Geneva, Switzerland: International Nutritional Anemia Consultative Group.
- Taberna, M., & Castillo, A. (2001). Composición química de la leche. *Revista Argentina de Producción*, 1, 24-35.
- Unidad de innovación. (10 de 01 de 2023). *Composición físico-química y calidad higiénica de la leche*. Obtenido de <https://www.um.es/web/innovacion/plataformas/ocw/listado-de-cursos/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas/composicion-fisico-quimica>
- Valenzuela, C., Hernández, V., Morales, M., & Pizarro, F. (2016). Heme iron release from alginate beads at in vitro simulated gastrointestinal conditions. *Biol Trace Elem Res*, 172(1), 251-257.
- Vallejo, J. (2020). Influencia del ordeño en el recuento de células somáticas sobre la calidad del queso andino en la organización Inti Churi. *Tesis de pregrado*.



- Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/10864>
- Vaquero, P., Blanco, R., & Toxqui, L. (2012). Nutrición y anemia. En K. Kellogg, *Manual práctico de Nutrición y Salud* (págs. 366-367). Madrid, España: Exlibris Ediciones, S. L. Recuperado el 16 de 10 de 2020, de [https://www.kelloggs.es/content/dam/europe/kelloggs\\_es/images/nutrition/PDF/Manual\\_Nutricion\\_Kelloggs\\_Capitulo\\_23.pdf](https://www.kelloggs.es/content/dam/europe/kelloggs_es/images/nutrition/PDF/Manual_Nutricion_Kelloggs_Capitulo_23.pdf)
- Venes, D., & Clarence, W. (2017). *Taber's Cyclopedic Medical* (23 ed.). Philadelphia: F.A. Davis.
- Walstra, P. (2001). *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. Zaragoza, España: Acribia.
- WHO. (2011). *Concentraciones de hemoglobina para evaluar la anemia y diagnosticar su gravedad*. Ginebra, Suiza. Recuperado el 18 de 07 de 2014, de [http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin\\_es.pdf](http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin_es.pdf)
- WHO, O. W. (2018). *Guideline: fortification of rice with vitamins and minerals as a public health strategy*. Geneva, Italia: World Health Organization. Recuperado el 18 de 10 de 2022, de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2665927122001903?token=B4A857D47A3C3B3706EABA8452C5D71A39E4AC7902D082AC0A977F1177FC80D2B49B9644DFF66F535154E463480F673C&originRegion=us-east-1&originCreation=20221104021128>
- Xia, S., & Xu, S. (2005). Ferrous sulfate liposomes: preparation, stability and application in fluid milk. *Food Research International*, 38(2005), 289–296. Recuperado el 20 de 06 de 2022, de <https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996904002480>
- Yaxing, M. T. (2021). Iron supplementation and iron-fortified foods: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (In press).
- Zahra, N., Hafeez, M., Shaukat, K., Wahid, A., & Hasanuzzaman, M. (2021). Iron toxicity in plants: Impacts and remediation. *Physiol Plant*, 51-53.
- Zavaleta, N. (30 de 09 de 2022). *Anemia infantil: retos y oportunidades al 2021*. Obtenido de <https://rpmesp.ins.gob.pe/rpmesp/article/view/3281/2906#:~:text=En%20el%20Per%20C3%BA%2C%20la%20anemia,esfuerzos%20del%20gobierno%20por%20reducirla>.
- Zlotkin, S. (12 de 10 de 2010). Sprinkles (chispitas nutricionales) para uso en los bebés y niños pequeños: directrices sobre las recomendaciones de uso y un programa de seguimiento y evaluación. *Sprinkles Global Health Initiative*. Recuperado el 10 de 08 de 2022, de <https://docplayer.es/23896820-Sprinkles-chispitas-nutricionales-para-uso-en-los-bebes-y-ninos-pequenos.html>
- Zuidam, N., & Simoni, E. (2010). Overview of microencapsulates for use in food products or processes and methods to make them. *Encapsulation Technologies for Food Active Ingredients and Food Processing*, 3-29. Recuperado el 06 de 06 de 2022

## **VI ANEXOS**

## Anexo 1

Ficha de evaluación sensorial

# UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

E.P. de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

### INSTRUCCIONES PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Indique el grado que le agrada o le desagrada de cada muestra, colocando un aspa (X) dentro del recuadro según su criterio de aceptación. **Recuerde tomar agua entre muestra y muestra.**

MUESTRA:						
<i>Marque con un aspa o cruz dentro del recuadro</i>						
ACEPTABILIDAD	MUESTRAS					
	N°					
ME GUSTA MUCHICISMO						
ME GUSTA MUCHO						
ME GUSTA LIGERAMENTE						
NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA						
ME DISGUSTA LIGERAMENTE						
ME DISGUSTA BASTANTE						
ME DISGUSTA MUCHISIMO						

Comentarios y sugerencias: \_\_\_\_\_

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

## Anexo 2

*Concentración de hierro en leche pasteurizada fortificada y queso andino fortificado.*

Tratamientos	X1	X2	X3	Leche pasterizada fortificada [Fe] mg/100 g				Queso andino fortificado [Fe] mg/100 g			
				Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3
1	120	65	500	<b>11.59</b>	11.58	11.61	11.58	<b>13.06</b>	13.04	13.08	13.05
2	130	65	550	<b>12.42</b>	12.44	12.4	12.43	<b>14.35</b>	14.35	14.38	14.33
3	130	75	600	<b>13.08</b>	13.08	13.04	13.11	<b>15.42</b>	15.45	15.41	15.42
4	130	75	500	<b>12.60</b>	12.61	12.63	12.57	<b>14.56</b>	14.58	14.55	14.55
5	130	65	550	<b>12.42</b>	12.70	12.76	12.74	<b>14.35</b>	14.33	14.35	14.36
6	130	55	500	<b>12.63</b>	12.64	12.63	12.61	<b>14.24</b>	14.24	14.27	14.22
7	120	55	550	<b>10.87</b>	10.85	10.89	10.87	<b>12.82</b>	12.83	12.8	12.84
8	140	75	550	<b>16.40</b>	16.41	16.42	16.38	<b>18.95</b>	18.96	18.97	18.92
9	120	65	600	<b>11.60</b>	11.63	11.58	11.59	<b>13.25</b>	13.23	13.28	13.25
10	130	65	550	<b>12.42</b>	12.41	12.45	12.4	<b>14.35</b>	14.35	14.38	14.33
11	120	75	550	<b>11.28</b>	11.26	11.29	11.28	<b>13.30</b>	14.32	14.29	14.30
12	140	65	500	<b>13.90</b>	13.91	13.92	13.88	<b>16.39</b>	16.39	16.42	16.41
13	140	55	550	<b>14.34</b>	14.36	14.31	14.36	<b>16.20</b>	16.19	16.20	16.22
14	130	55	600	<b>12.81</b>	12.82	12.83	12.79	<b>14.22</b>	14.22	14.26	14.19
15	140	65	600	<b>13.98</b>	13.99	13.97	14.01	<b>17.11</b>	17.11	17.09	17.12

### Anexo 3

#### *Aceptabilidad de leche pasteurizada fortificada - Diseño de bloques incompletos.*

Panelistas	T1	T7	T2	T6	T12	T15	T11	T3	T4	T14	T8	T9	T13	Yj
Panelista 1	5	-	-	-	4	-	4	-	5	-	-	-	5	23
Panelista 2	-	4	-	4	-	-	-	6	-	5	-	4	-	23
Panelista 3	-	-	7	-	4	-	4	-	6	-	4	-	-	25
Panelista 4	-	5	-	-	-	5	-	6	-	5	-	4	-	25
Panelista 5	5	-	6	-	5	-	-	-	-	-	5	-	4	25
Panelista 6	-	-	-	7	-	4	-	5	-	6	-	5	-	27
Panelista 7	4	-	7	-	-	-	4	-	6	-	-	-	4	25
Panelista 8	-	5	-	4	-	4	-	5	-	-	5	-	-	23
Panelista 9	5	-	-	-	5	-	4	-	6	-	-	-	5	25
Panelista 10	-	5	-	5	-	-	-	6	-	5	-	5	-	26
Panelista 11	-	-	7	-	5	-	5	-	5	-	-	-	4	26
Panelista 12	4	-	6	-	-	5	4	-	-	-	4	-	-	23
Panelista 13	-	4	-	4	-	4	-	-	-	6	-	6	-	24
Panelista 14	-	-	7	-	5	-	4	-	5	-	7	-	-	28
Panelista 15	-	4	-	-	-	5	-	6	-	6	-	4	-	25
Panelista 16	5	-	5	-	-	-	4	-	-	-	5	-	4	23
Panelista 17	-	5	-	6	-	-	-	6	-	6	-	5	-	28
Panelista 18	5	-	-	-	4	-	-	-	6	-	5	-	5	25
Panelista 19	-	5	-	7	-	5	-	-	-	6	-	6	-	29
Panelista 20	4	-	5	-	4	-	5	-	6	-	-	-	-	24
Panelista 21	-	-	-	5	-	5	-	-	-	5	-	5	6	26
Panelista 22	4	-	6	-	5	-	4	-	6	-	-	-	6	31
Panelista 23	4	-	-	-	5	-	-	5	-	-	6	-	-	20
Panelista 24	-	4	-	-	-	5	-	6	-	6	-	4	-	25
Panelista 25	-	-	5	-	-	-	5	-	6	-	6	-	5	27
Panelista 26	-	5	-	6	-	4	-	6	-	5	-	-	-	26
Panelista 27	5	-	-	-	4	-	-	-	6	-	5	-	6	26
Panelista 28	-	5	-	5	-	5	-	6	-	-	-	5	-	26
Panelista 29	4	-	7	-	4	-	-	-	5	-	6	-	-	26
Panelista 30	-	5	-	-	-	5	-	-	-	6	-	4	7	27
Panelista 31	-	-	6	-	4	-	4	-	5	-	5	-	-	24
Panelista 32	-	5	-	6	-	-	-	5	-	5	-	5	-	26
Panelista 33	-	-	-	-	4	-	4	-	5	-	-	5	6	24
Panelista 34	-	6	-	5	-	5	-	6	-	-	-	6	-	28
Panelista 35	5	-	5	-	-	-	-	-	6	-	5	-	4	25
Panelista 36	-	-	-	5	-	4	4	6	-	5	-	-	-	24
Panelista 37	5	-	5	-	5	-	-	-	-	-	6	-	6	27
Panelista 38	4	-	6	5	-	-	4	-	-	-	-	4	-	23
Panelista 39	-	6	-	7	-	4	-	6	-	6	-	-	-	29
<b>Yi</b>	<b>68</b>	<b>73</b>	<b>90</b>	<b>81</b>	<b>67</b>	<b>69</b>	<b>63</b>	<b>86</b>	<b>84</b>	<b>83</b>	<b>79</b>	<b>72</b>	<b>77</b>	<b>992</b>
<b>B*i</b>	<b>383</b>	<b>390</b>	<b>459</b>	<b>390</b>	<b>428</b>	<b>474</b>	<b>406</b>	<b>418</b>	<b>387</b>	<b>418</b>	<b>404</b>	<b>394</b>	<b>387</b>	
<b>Qi</b>	<b>-59.7</b>	<b>-57.0</b>	<b>-63.0</b>	<b>-49.0</b>	<b>-75.7</b>	<b>-89.0</b>	<b>-72.3</b>	<b>-53.3</b>	<b>-45.0</b>	<b>-56.3</b>	<b>-55.7</b>	<b>-59.3</b>	<b>-52.0</b>	

## Anexo 4

### Aceptabilidad de queso andino fortificado - Diseño de bloques incompletos

Panelistas	T1	T7	T2	T6	T12	T15	T11	T3	T4	T14	T8	T9	T13	Yj
Panelista 1	6	-	-	-	6	-	6	-	5	-	-	-	5	28
Panelista 2	-	6	-	6	-	-	-	6	-	5	-	4	-	27
Panelista 3	-	-	6	-	6	-	5	-	6	-	6	-	-	29
Panelista 4	-	5	-	-	-	5	-	6	-	5	-	5	-	26
Panelista 5	4	-	7	-	7	-	-	-	-	-	6	-	6	30
Panelista 6	-	-	-	6	-	7	-	5	-	6	-	5	-	29
Panelista 7	6	-	6	-	-	-	4	-	7	-	-	-	6	29
Panelista 8	-	6	-	6	-	6	-	6	-	-	5	-	-	29
Panelista 9	6	-	-	-	6	-	6	-	6	-	-	-	7	31
Panelista 10	-	5	-	5	-	-	-	6	-	7	-	4	-	27
Panelista 11	-	-	7	-	5	-	4	-	5	-	-	-	5	26
Panelista 12	4	-	6	-	-	6	5	-	-	-	6	-	-	27
Panelista 13	-	6	-	5	-	5	-	-	-	5	-	4	-	25
Panelista 14	-	-	6	-	6	-	4	-	6	-	5	-	-	27
Panelista 15	-	6	-	-	-	6	-	6	-	6	-	5	-	29
Panelista 16	5	-	6	-	-	-	5	-	-	-	6	-	5	27
Panelista 17	-	6	-	5	-	-	-	6	-	6	-	4	-	27
Panelista 18	6	-	-	-	5	-	-	-	6	-	6	-	6	29
Panelista 19	-	5	-	5	-	5	-	-	-	6	-	5	-	26
Panelista 20	6	-	7	-	7	-	6	-	6	-	-	-	-	32
Panelista 21	-	-	-	6	-	7	-	-	-	6	-	4	6	29
Panelista 22	6	-	6	-	6	-	4	-	6	-	-	-	7	35
Panelista 23	5	-	-	-	5	-	-	6	-	-	6	-	-	22
Panelista 24	-	5	-	-	-	5	-	5	-	6	-	5	-	26
Panelista 25	-	-	5	-	-	-	5	-	6	-	7	-	6	29
Panelista 26	-	6	-	7	-	6	-	6	-	6	-	-	-	31
Panelista 27	6	-	-	-	7	-	-	-	6	-	6	-	6	31
Panelista 28	-	5	-	5	-	7	-	7	-	-	-	5	-	29
Panelista 29	5	-	6	-	6	-	-	-	5	-	5	-	-	27
Panelista 30	-	5	-	-	-	6	-	-	-	5	-	6	5	27
Panelista 31	-	-	6	-	6	-	5	-	6	-	6	-	-	29
Panelista 32	-	4	-	5	-	-	-	7	-	5	-	5	-	26
Panelista 33	-	-	-	-	6	-	5	-	5	-	6	-	6	28
Panelista 34	-	5	-	6	-	5	-	6	-	-	-	4	-	26
Panelista 35	6	-	6	-	-	-	-	-	5	-	6	-	6	29
Panelista 36	-	-	-	5	-	6	6	6	-	5	-	-	-	28
Panelista 37	6	-	5	-	7	-	-	-	-	-	7	-	5	30
Panelista 38	7	-	7	6	-	-	4	-	-	-	-	5	-	29
Panelista 39	-	5	-	6	-	7	-	7	-	5	-	-	-	30
<b>Yi</b>	84	80	92	84	91	89	74	91	86	84	89	70	87	<b>1101</b>
<b>B*i</b>	440	411	537	415	493	495	464	443	441	440	466	409	441	
<b>Qi</b>	-62.7	-57.0	-87.0	-54.3	-73.3	-76.0	-80.7	-56.7	-61.0	-62.7	-66.3	-66.3	-60.0	

## Anexo 5

Resultados del tratamiento optimizado en queso fortificado en la cuantificación de hemoglobina en niños.

N°	DNI	Grupo de estudio	Edad	Sexo	Hemoglobina inicial	Hemoglobina final	Variación del valor de HB	Desparasitación
1	92523166	1	5	2	10,9	12,1	1,2	1
2	92510818	1	5	2	9,0	11,1	2,1	1
3	92502620	1	5	2	10,6	10,9	0,3	1
4	92394195	1	5	2	10,1	11,8	1,7	1
5	98988054	1	5	2	10,5	12,3	1,8	1
6	92610890	1	5	2	10,7	13,1	2,4	1
7	92720902	1	5	2	10,0	12,1	2,1	1
8	92654191	1	5	1	10,0	12,4	2,4	1
9	92665178	1	5	1	10,4	13,1	2,7	1
10	81744724	1	5	1	10,9	13,1	2,2	1
11	92349672	1	5	1	10,6	10,9	1,3	1
12	92359163	1	9	2	10,3	11,2	1,9	1
13	92359168	1	5	2	10,1	12,3	2,2	1
14	92389334	1	5	2	10,4	13,1	2,7	1
15	92400135	1	6	1	7,3	10,4	3,1	1



*Roxana*  
Roxana Carhuas Garcia  
Lic. EN ENFERMERIA  
CEP: 92188

## Anexo 6

Resultados del tratamiento optimizado en leche pasteurizada fortificado en la cuantificación de hemoglobina en niños.

N°	DNI	Grupo de estudio	Edad	Sexo	Hemoglobina inicial	Hemoglobina final	Variación del valor de HB	Desparasitación
1	92494075	2	5	2	10,1	11,2	1,1	1
2	92510835	2	5	2	10,6	10,8	0,2	1
3	92518475	2	5	2	9,7	10,7	1,0	1
4	92527882	2	5	2	10,4	12,0	1,6	1
5	92539556	2	6	2	10,7	12,7	2,0	1
6	92555653	2	5	1	10,3	12,1	1,8	1
7	92587756	2	5	2	10,9	12,2	1,3	2
8	92592949	2	5	1	10,2	12,8	2,6	1
9	92593135	2	5	1	10,4	12,0	1,6	1
10	92375216	2	5	1	10,8	11,2	0,4	1
11	92432368	2	5	2	10,1	10,9	0,8	1
12	92713706	2	5	2	10,7	11,3	0,6	1
13	92695843	2	6	1	10,8	11,8	1,0	1
14	92705596	2	6	1	10,3	12,3	2,0	1
15	92726631	2	6	2	9,7	11,5	1,8	1

  
  
Roxana Carhuas Garcia  
Lic. EN ENFERMERIA  
CEP: 92165



**Anexo 7**

*Fotografía del grupo experimental de niños tomados en la investigación.*



**Anexo 8**

*Fotografía de un niño consumiendo leche pasteurizada fortificada.*



**Anexo 9**

*Fotografía de un niño consumiendo queso andino fortificado.*



### **Anexo 10**

*Fotografía de niños luego del consumo de leche pasteurizada y queso andino.*



### **Anexo 11**

*Fotografía de los tesisistas antes de iniciar la producción de queso andino y leche pasteurizada.*





## Anexo 12

*Fotografía de la recepción y enfriamiento de la leche.*



## Anexo 13

*Fotografía del queso andino y leche pasteurizada después del proceso producción.*



## Anexo 14

*Fotografía de los productos en el laboratorio para su evaluación físico química.*



## Anexo 15

Constancias de validación de la muestra (niños) en la investigación.

  
MINISTERIO PERUANO DE EDUCACIÓN  
Dirección Regional de Educación de Ayacucho

  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA PÚBLICA N° 38030  
"SAN MARTÍN DE PORRES"  
SAN JUAN BAUTISTA

**AMISTAD – DISCIPLINA – ESTUDIO**

EL DIRECTOR DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA PÚBLICA N° 38030 SAN MARTÍN DE PORRES DE CAPILLAPATA, DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA, PROVINCIA DE HUAMANGA, DEL DEPARTAMENTO DE AYACUCHO; QUIEN SUSCRIBE,

**DA CONSTANCIA**

Que, los Sres. KEVIN JUNIOR GOMEZ HUAMANI y JOHN JAIRON TERRES QUISPE estudiantes de la facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, Escuela de Formación profesional Ingeniería en Industria Alimentarias de la Universidad nacional de San Cristóbal de Huamanga, han realizado la degustación de: queso andino y leche pasteurizada fortificados con hierro en esta Institución Educativa Pública N° 38030 "San Martín de Porres" la cual se ha efectuado según las coordinaciones previas y a satisfacción de la población escolar.

Se expide la presente constancia a solicitud de la madre de familia de la menor, para los fines que estime por conveniente.

Capillapata, 03 de junio del 2022.

  
J. José A. M. Ochoa  
DIRECCIÓN

Jr. José Olaya N° 235-Capillapata- San Juan Bautista      tomyjoss@yahoo.es      Tif. #966884248



## Anexo 16

Constancias de validación de resultados de tamizado de hemoglobina en el Centro de Salud de Carmen Alto.



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CARMEN ALTO

"CUNA DE LOS LEGENDARIOS ARRIEROS DE SUDAMÉRICA"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"



Carmen Alto

Historia, Cultura y Tradición

### LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CARMEN ALTO TRAVES DE LA SUB GERENCIA DE DESARROLLO SOCIAL, QUIEN SUSCRIBE.

#### DA CONSTANCIA

Los Investigadores JOHN JAIRON, TERRES QUISPE con código: 19133953 y KEVIN JUNIOR, GOMEZ HUAMANI con código: 19125921 de la facultad de Ingeniería Química Y Metalurgia, de la Escuela Profesional de Ingeniería En Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, realizaron la entrega de los productos novedosos con alto porcentaje de hierro como: QUESO PASTEURIZADO FORTIFICADO CON HIERRO Y LECHE PASTEURIZADA FORTIFICADO CON HIERRO que fueron distribuidos para el consumo de los niños que sufren de la anemia y desnutrición en nuestro distrito de Carmen alto, (sector de Vista Alegre), para lo cual se vio el incremento de la hemoglobina significativamente en nuestro niños a través del consumo de los productos mencionados en una población de 30 niños, de 02 a los 12 años de edad, lo cual se ha efectuado con las coordinaciones previas y a satisfacción de los interesados.

Para el cual los productos QUESO PASTEURIZADO FORTIFICADO CON HIERRO Y LECHE PASTEURIZADA FORTIFICADO CON HIERRO son muy eficientes para la prevención, reducción de la anemia e incremento de la hemoglobina de un mes, según resultados del tamizaje de hemoglobina, del establecimiento de salud, de esta manera se logra obtener una nueva alternativa para combatir este mal que aqueja a nuestros niños tanto local, nacional e internacional.

Se expide la presente constancia, a petición de los interesados para los fines académicos.

Carmen alto, 20 de Julio del 2022



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CARMEN ALTO

SUB GERENCIA DE DESARROLLO SOCIAL

Lic. Richard M. Bautista Rivera  
SUB GERENTE

Av. Libertadores S/N - Centro Cívico - Telf: 066-280015 - Carmen Alto - Huamanga - Ayacucho

Correos Institucionales: munica@municarmenalto.gob.pe - mesadepartes@municarmenalto.gob.pe



CARMEN ALTO



## Anexo 17

### Informe de ensayo de leche pasteurizada.



#### INFORME DE ENSAYO N° N3597 - 2022

**Cliente:** TERRES QUISPE JOHN JAIRON  
**Dirección:** Av. Independencia S/N Ciudad Universitaria - Huamanga - Ayacucho.  
**R.U.C.:** 10704231178  
**e-mail:** tjhon278@gmail.com  
**Solicitud de Ensayo N°:** ENS-2986-2022/N  
**Nombre del Producto:** LECHE PASTEURIZADA  
**Información proporcionada por el cliente:** TESISISTAS:  
GOMEZ HUAMANI, KEVIN JUNIOR.  
TERRES QUISPE, JHON JAIRON  
M1: LECHE PAST (598mL) M8 : LECHE PAST (596mL)  
M2: LECHE PAST (590mL) M9 : LECHE PAST (592mL)  
M3: LECHE PAST (589mL) M11 : LECHE PAST (587mL)  
M4: LECHE PAST (585mL) M12 : LECHE PAST (589mL)  
M6: LECHE PAST (586mL) M13 : LECHE PAST (597mL)  
M7: LECHE PAST (596mL) M14 : LECHE PAST (593mL)  
M15 : LECHE PAST (591mL)

**Características de la muestra:** Presentación y Tipo de Envase: Envasado en envase de polietileno blanco opaco con tapa, sellada.  
**Cantidad recibida:** 01 unidad de c/u  
**Fecha de recepción:** 06 de junio de 2022  
**Fecha de ejecución de ensayos:** Del 07 al 10 de junio de 2022

#### ENSAYOS FISICOQUIMICOS 1

N°	Ensayo	Resultado						Unidades	
		M1	M2	M3	M4	M6	M7		M8
01	Hierro	11,60	12,40	13,10	12,60	12,60	10,90	16,40	mg/100g

#### ENSAYOS FISICOQUIMICOS 2

N°	Ensayo	Resultado						Unidades
		M9	M11	M12	M13	M14	M15	
01	Hierro	11,60	11,30	13,90	14,30	12,80	14,00	mg/100g

#### Métodos de ensayo utilizados:

01. AOAC 999.11, Cap. 9.1.09, 21st Ed.: 2019 Lead, Cadmium, Cooper, Iron and Zinc in foods. Atomic Absorption Spectrophotometry after Dry Ashing.

- Los resultados del presente Informe de Ensayo se relacionan únicamente a las muestras analizadas tal como se recibieron. No es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad de quien produce la muestra.
- CERTILAB no es responsable de la información proporcionada por el cliente.
- CERTILAB es responsable del Informe de Ensayo en sus versiones original y copia impresas, reproducciones adicionales son responsabilidad del cliente o usuario del documento.
- El presente Informe tiene una vigencia de 01 año después de la fecha de emisión.

San Miguel, 10 de junio de 2022

CERTIFICADORA Y LABORATORIOS S.A.S.  
DIVISION DE LABORATORIO  
Q.F. Lisly Sedano Inga  
Laboratorio de Físico Química  
CQFP: 11894  
CERTILAB



## Anexo 18

### Informe de ensayo de queso andino.



#### INFORME DE ENSAYO N° N3596 - 2022

**Cliente:** TERRES QUISPE JOHN JAIRON  
**Dirección:** Av. Independencia S/N Ciudad Universitaria - Huamanga - Ayacucho.  
**R.U.C.:** 10704231178  
**e-mail:** tjhon278@gmail.com  
**Solicitud de Ensayo N°:** ENS-2985-2022/N  
**Nombre del Producto:** QUESO  
**Información proporcionada por el cliente:** TESISISTAS:  
GOMEZ HUAMANI, KEVIN JUNIOR.  
TERRES QUISPE, JHON JAIRON  
M1: QUESO (643g) M8 : QUESO (633g)  
M2: QUESO (531g) M9 : QUESO (541g)  
M3: QUESO (423g) M11 : QUESO (523g)  
M4: QUESO (691g) M12 : QUESO (601g)  
M6: QUESO (790g) M13: QUESO (490g)  
M7: QUESO (590g) M14 : QUESO (574g)  
M15 : QUESO (570g)

**Características de la muestra:** Presentación y Tipo de Envase: Envasado en bolsa de polietileno transparente, sellada.  
**Cantidad recibida:** 01 unidad de c/u  
**Fecha de recepción:** 06 de junio de 2022  
**Fecha de ejecución de ensayos:** Del 06 al 10 de junio de 2022

#### ENSAYOS FISICOQUIMICOS 1

N°	Ensayo	Resultado							Unidades
		M1	M2	M3	M4	M6	M7	M8	
01	Hierro	13,06	14,35	15,42	14,56	14,24	12,82	18,95	mg/100g

#### ENSAYOS FISICOQUIMICOS 2

N°	Ensayo	Resultado						Unidades
		M9	M11	M12	M13	M14	M15	
01	Hierro	13,25	13,30	16,39	16,20	14,22	17,11	mg/100g

#### Métodos de ensayo utilizados:

01. AOAC 999.11, Cap. 9.1.09, 21st Ed.: 2019 Lead, Cadmium, Cooper, Iron and Zinc in foods. Atomic Absorption Spectrophotometry after Dry Ashing.

- Los resultados del presente Informe de Ensayo se relacionan únicamente a las muestras analizadas tal como se recibieron. No es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad de quien produce la muestra.
- CERTILAB no es responsable de la información proporcionada por el cliente.
- CERTILAB es responsable del Informe de Ensayo en sus versiones original y copia impresas, reproducciones adicionales son responsabilidad del cliente o usuario del documento.
- El presente Informe tiene una vigencia de 01 año después de la fecha de emisión.

San Miguel, 10 de junio de 2022




Informe de Ensayo N° N3596-2022

Pág. 1 de 1

## Anexo 19

### Constancia de autorización.

 **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CARMEN ALTO**  
"CURA DE LOS LEGENDARIOS ARRIEROS DE SUDAMÉRICA"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

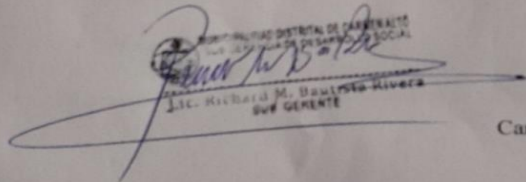
LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CARMEN ALTO DE LA PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, A TRAVÉS DEL SUB GERENTE DE DESARROLLO SOCIAL, QUIEN SUSCRIBE.

**OTORGA CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN**

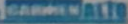
Los Ingenieros JOHN JAIRON, TERRES QUISPE y KEVIN JUNIOR, GOMEZ HUAMANI, de la facultad de Ingeniería Química Y Metalurgia, de la escuela profesional de Ingeniería En Industrias Alimentarias de la universidad de San Cristóbal de Huamanga, se les otorga la constancia de autorización de la entrega de los alimentos fortificados con alto contenido en hierro como ( Queso andino fortificado con hierro y leche pasteurizado fortificado con hierro), bajo consentimiento de los padres de familia o apoderados.

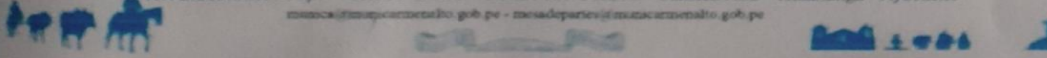
Los padres de familia fueron informados acerca de los valores nutricionales, además de la absorción del hierro en el cuerpo para la reducción de la anemia y desnutrición de los niños del distrito de Carmen Alto, atreves del consumo de cada uno de los productos.

Se expide la presente constancia para los fines que estime por conveniente.

  
LIL. Richard M. Danielito Rivera  
SUB GERENTE

Carmen alto, 20 de Julio del 2022

  
Av. Libertadores S/N - Centro Cívico - TELF: 066-280201 - Carmen Alto - Huamanga - Ayacucho  
mmsca@munipocarmenalto.gob.pe - mesadepartesv@munipocarmenalto.gob.pe



**Anexo 20**

*Instrumento de recolección de datos.*

**INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS**

**I. DATOS DE FILIACION**

Apellidos y nombres del niño .....

Apellidos y nombres de a Madre, Padre o Cuidador .....

Fecha de nacimiento del niño .....

Establecimiento de salud donde es atendido el niño .....

**II. ASIGNACION DEL PACIENTE POR SORTEO AL AZAR A LOS GRUPOS DE TRATAMIENTO Y CONTROL**

*1. Grupo de tratamiento control*

- ✓ **Grupo experimental 1:** Tratamiento con Queso fortificado con pirofosfato férrico liposomal ( )
- ✓ **Grupo experimental 2:** Tratamiento con Leche pasteurizada con pirofosfato férrico liposomal ( )

**III. DATOS CLINICOS Y DEMOGRAFICOS SEGÚN GRUPO TRATADO**

**2. Sexo del niño (a)**

Masculino ( )

Femenino ( )

**3. Peso ( ) kg**

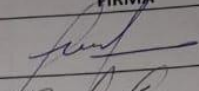
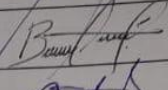
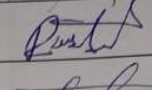
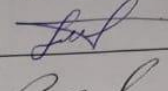
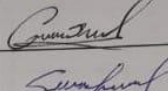
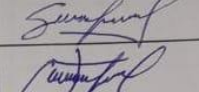
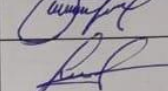
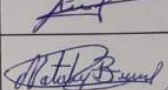
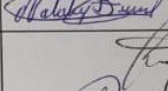
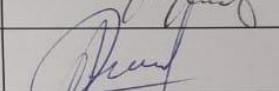
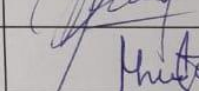
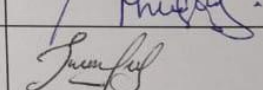
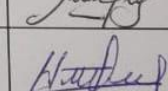
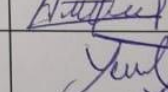
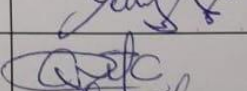
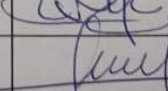
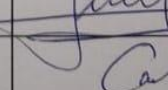
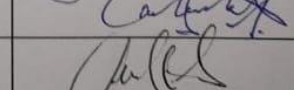
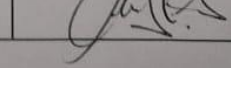
**4. Talla ( ) cm**

**5. La niña (o) ha sido diagnosticado con parasitosis intestinal ( )**

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL GOBIERNO VENEZOLANO  
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
LICD<sup>a</sup> MICHELLE M. GARCÍA RIVERA  
SUB GERENTE

**Anexo 21**

Autorización de padres para que sus niños puedan consumir los derivados lácteos en estudio.

LISTA DE PADRES PARA LA AUTORIZACION PARA LA ENTREGA DE PRODUCTOS FORTIFICADOS			
N°	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FIRMA
1	WILBER CUADROS PLATA	28297052	
2	ERNESTO CANCHO BAUTISTA	28150043	
3	ROSA CANCHARI AYALA	48551179	
4	JHON TORRES MIRANDA	48291402	
5	GRABRIEL BAUTISTA ROMANI	74212831	
6	LUIS VASQUEZ GALINDO	74219935	
7	LUDY SANCHEZ NAVARRO	71452872	
8	VICTOR GOMEZ BAUTISTA	28294297	
9	NATALY BERROCAL SANCHES	44285103	
10	MARINA LOAYZA POZO	28525334	
11	EDGAR CALDERON MORAN	71585534	
12	JULIAN TORRES PEREZ	74233528	
13	NORMA ARONE RONDINEL	28454628	
14	HIPOLITO LUJAN LOAYZA	28293032	
15	YOLANDA VENTURA HUAMAN	71742232	
16	CARMEN TAMBRA CALDERON	44272624	
17	ESPERANZA SALCEDO RAMIREZ	28304071	
18	BRAYAN AYALA CALDERON	44040133	
19	EPIFANIA GOMEZ AYALA	71031011	



20	MONICA ARESTIGUE CARRAZCO	70011802	<i>[Signature]</i>
21	LUISA GUTIERREZ PRADO	74219930	<i>[Signature]</i>
22	ALBINO HUALLANCA BAUTISTA	28294220	<i>[Signature]</i>
23	CELESTINO RAMIREZ DURAN	70355007	<i>[Signature]</i>
24	MANUEL CCENTO MORALLES	70121035	<i>[Signature]</i>
25	EDGAR QUISPE RAMOS	28406728	<i>[Signature]</i>
26	YOLANDA CONGA ROCA	71231034	<i>[Signature]</i>
27	ISIDORA ESPINOZA CALLE	28442871	<i>[Signature]</i>
28	RONAL PERALTA GUTIERREZ	40672033	<i>[Signature]</i>
29	JAIRO LIMAQUISPE PAQUIYAURI	4170213	<i>[Signature]</i>
30	ANGELICA SALON CALDERON	70423780	<i>[Signature]</i>

## Anexo 22

### Composición de la leche, según NTP

Nutriente	Unid	Valores (1)		Valores (2)	Valores (3)
		Mínimo	Máximo		
Materia Grasa	(g/100 g)	3.2	-	-	>3.0
Sólidos No Graso	(g/100 g)	8.2	-	-	>8.2
Sólidos Totales	(g/100 g)	11.4	-	-	>11.5
Impurezas macroscópicas, en mg de impurezas por 500 cm <sup>3</sup> de leche	mg/500 mL	-	0.5	-	-
Acidez	g ác.láctico/100 g leche	0.14	0.18	-	-
Densidad a 20 °C	g/cm <sup>3</sup>	1.030	1.034	1.025-1.030	>1.028
Índice de Refracción del Suero, 20 °C (Lectura refractométrica 37,5)		1.341	-	-	-
Ceniza Total	(g/100 g)	-	0.7	-	0.7-0.8
Alcalinidad de la ceniza total ml HCl 0,1 N/100 g	cm <sup>3</sup>	-	0.7	-	-
Índice Crioscópico	°C	-	-0.54	-0.55	-
Prueba de la Reductasa con azul de metileno	h	4 h	-	-	-

**Nota.** Tomado de NTP 202.001-2003, (2022)<sup>(1)</sup>; Bracho-Espinoza, (2013)<sup>(2)</sup>; Concepción, (2002)<sup>(3)</sup>

## **Anexo 23**

*Métodos de análisis químico proximal utilizados.*

### **1. Determinación de humedad (AOAC 930.15, 2000-Método de la estufa):**

El método es aplicable a todos los productos alimenticios excepto los que puedan contener compuestos volátiles distintos al agua ó los que son susceptibles a la descomposición a 100 °C cómo es el caso de vegetales frescos.

#### **Materiales y equipos de laboratorio:**

- Vaso de Precipitado de 50 ml.
- Estufa
- Balanza

#### **Procedimiento:**

Pesar un vaso de 50 mL y agregarle 5 g. de muestra, colocarlos en una estufa a 105 °C por 2 horas. Por la diferencia de peso se obtiene la humedad de la muestra y luego se lleva a porcentaje. La determinación de materia seca se hace por diferencia de peso entre el peso inicial de la muestra (100%) Y el porcentaje de humedad hallada, obteniéndose de esta manera y en forma directa el porcentaje de materia seca.

#### **Cálculos:**

1. Peso del Vaso
2.  $\text{PesoTotal} = \text{Peso de vaso} + \text{Peso de la muestra}$
3.  $\text{Peso Final} = \text{después que sale de la estufa.}$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso Total} - \text{peso final} \times 100}{\text{Peso muestra}}$$

### **2. Determinación de ceniza (Método AOAC 935.39B)**

La muestra se incinera a 650 °C para quemar todo el material orgánico. El material inorgánico, que no se destruye a esta temperatura se la llama ceniza.

#### **Equipo:**

- Horno de incineración (Mufla).

- Crisol de porcelana
- Desecador con desecante de perclorato de magnesio

**Procedimiento:**

Coloque el crisol limpio en un horno de incineración a 650°C durante una hora, luego traslade el crisol del horno al desecador y enfríelo a la temperatura del laboratorio. Péselos tan pronto como sea posible para prevenir la absorción de humedad, usando siempre pinzas de metal para manejar los crisoles después de que incineran o secan.

Pese por diferencia 1.5 a 2.0 g. de muestra en un crisol de porcelana previamente tapado, Colóquelo en un horno incinerador y manténgalo a temperatura de 650°C durante 3 a 5 horas. Luego se saca de la mufla y se traslada el crisol a un desecador para enfriarse a temperatura ambiente. Cuando este frío pese e crisol tan pronto como sea posible para prevenir la absorción de humedad y registre el peso.

Guarde la muestra de ceniza para el caso que se deseen realizar determinaciones de minerales posteriormente.

**Calculo:**

$$\text{Porcentaje de ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

**3. Determinación de proteína cruda (Método AOAC 935.39C-Semimicrokjeldahl)**

Se obtiene por destrucción de la materia orgánica, ya sea de un concentrado, forraje o cualquier otro compuesto, por acción del ácido sulfúrico en caliente, obteniéndose como resultado sulfato de amonio. El cual después es destilado a amoníaco.

**Reactivos y equipos de laboratorio:**



- Ácido Sulfúrico concentrado.
- Catalizador (sulfato de potasio(1g) + sulfato de cobre (0.25 g)
- Ácido Bórico + indicador de pH
- Ácido Clorhídrico, aprox. 0.05 N
- Balones de digestión.
- Erlemeyer.
- Cocina de digestión
- Aparato de destilación de Kjeldahl
- Bureta

**Procedimiento:**

Pesar 0.2 –0.3 gramos de muestra, luego agregar 1 gramo de catalizador de oxidación (mezcla de sulfato de potasio y sulfato de cobre). Para acelerar la reacción limpiar con un poco de agua el cuello del balón de digestión. Agregar 3 mL de ácido sulfúrico concentrado y colocar el balón en la cocina de digestión. La digestión termina cuando el contenido del balón está completamente cristalino ( si es necesario añadir gotas de peróxido) esto es cuando la digestión es muy lenta y difícil.

Colocar la muestra digerida en el aparato de destilación, agregar 5 mL de hidróxido de sodio concentrado e inmediatamente conectar el vapor para que se produzca la destilación. Conectar el refrigerante y recibir el destilado en un erlemeyer de 125 mL conteniendo 5mL de la mezcla de ácido bórico más indicadores de pH. La destilación termina cuando ya no pasa más amoníaco y hay viraje con ácido clorhídrico valorado. (aprox. 0.05N). Anotar el gasto.

**Cálculos:**

La cantidad de nitrógeno de la muestra se obtiene por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de nitrógeno} = \frac{\text{mL HCl} \times \text{Normalidad} \times \text{Meg. del N} \times 100}{\text{Gramos de muestra}}$$

Para obtener la cantidad de proteína bruta, se multiplica por el factor 6.25

$$\% \text{Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6.25$$

#### 4. **Determinación de grasa en leche (Método AOAC 33.2.27-Gerber)**

##### **Principio**

El método de Gerber consiste en separar la grasa dentro de un recipiente medidor llamado butirómetro, medir el volumen e indicarlo en porcentaje de la masa. La grasa reside en la leche en forma de pequeños glóbulos de diferentes diámetros, que oscila entre 0.1 y 10 micrómetros. Los glóbulos grasos forman una emulsión permanente con el líquido lácteo.

##### **Materiales y equipos**

- Butirómetro Gerber milk – lait 65°C (ISO DP 488 – IDF 105:1981)
- Tapón con caucho
- Empujador metálico
- Pipeta aforada de 11ml - Gerber lait 20°C
- Pipeta aforada de 10 ml - Brand +/- 0.02
- Pipeta aforada de 1 ml – ISO 648 AS +/- 0.008
- Gradilla
- Pera

##### **Equipos**

- Centrifuga de Gerber

##### **Reactivos**

- Agua desionizada
- Ácido sulfúrico 90-91% R.A
- Alcohol Isoamílico R.A

##### **Descripción del procedimiento**

- Verter 10 mL de Ácido Sulfúrico en el butirómetro.
- Adicionar al butirómetro 10.75 mL de la muestra.
- Verter 1 mL de alcohol isoamílico con una pipeta en el butirómetro.
- Tapar el butirómetro con el tapón, y agitarlo enérgicamente.
- Envolver los butirómetros en un paño húmedo.
- Introducir los butirómetros en la centrifuga, por 5 minutos.
- Lectura de resultados.

## **Anexo 24**

### *Métodos físico químicos utilizados*

#### **1. Determinación de la densidad (Método AOAC 925.23B)**

##### **Fundamento**

Para la determinación de la densidad de la leche vamos a utilizar la técnica de lacto densimetría. Los lactodensímetros son aerómetros, cuerpos flotadores de vidrio lastrados en su parte inferior con varilla graduada, y que en ocasiones pueden llevar incorporado un termómetro, permitiendo la lectura paralela de la densidad. Y la temperatura. Cuando el aerómetro se introduce en la leche sufre un impulso hacia arriba igual al peso del líquido desaloja (principio de Arquímedes), quedando el valor de densidad reflejado en la varilla graduada. La determinación puede realizarse en leche completa o en suero lácteo.

La densidad está directamente relacionada con la cantidad de grasa, sólidos no grasos y agua que contiene la leche (Unidad de innovación, 2023).

##### **Material**

- Termolactodensímetro contrastado o lactodensímetro y termómetro.
- Probeta de 250 mL.
- Estufa o baño termostático a 15 o 20° C.

##### **Procedimiento**

- Calentar la muestra a la temperatura de 37-40°C y homogeneizarla mediante un agitador en caso de que sea necesario.
- Verter 250 mL de leche en la probeta e introducir con cuidado el lactodensímetro en la leche manteniendo el aparato en el eje de la probeta y provocar un ligero movimiento de rotación.
- Esperar a que se estabilice y realizar la lectura de la densidad.

##### **Lectura**

- El resultado se lee: 1,0XY g/mL a 20°C siendo XY los valores del lactodensímetro,  $\pm 0,0003$  por cada °C que difiera la temperatura de los 20°C.

## 2. Determinación de la acidez

### Fundamento

Los valores normales de acidez titulable en leche están comprendidos entre 16°D y 19°D (grados Dornic) que expresado en porcentaje del ácido mayoritario serían 0.16-0.19% de ácido láctico. Las alteraciones en la leche durante la síntesis o almacenamiento pueden originar cambios en la acidez. Además, determinadas adulteraciones hacen variar estos valores: el aguado la rebaja, el desnatado y adición de suero no la modifican y la neutralización la rebaja considerablemente. Aunque existen diferentes modos de expresar la acidez la forma más habitual de expresión son los grados Dornic (°D) y el porcentaje de ácido láctico.

La acidez de la leche es el contenido aparente en ácidos, expresado en gramos de ácido láctico por 100 mL de leche (Unidad de innovación, 2023).

### Material

- Vaso de precipitado.
- Bureta graduada.
- Pipetas graduadas.

### Reactivos

- Solución de hidróxido sódico (0.1 N): disolver 4 g de hidróxido sódico en 500 g de agua destilada y agitar hasta la disolución total. Completar hasta 1000 mL con más agua.
- Solución alcohólica de fenolftaleína al 1-2%.

### Procedimiento

- Poner en vaso de precipitados 10 mL de leche.
- Adicionar de 4-5 gotas de fenolftaleína (disolución al 1% en etanol).
- Con ayuda de una bureta añadir gota a gota la solución de NaOH 0.1N hasta que el contenido del vaso quede de color rosado de forma permanente o el pH de la solución sea de 8.1.
- Cada valoración se llevó a cabo por triplicado.
- El pH de las muestras se determinó con un pH-metro previamente ajustado con disoluciones tampón de pH 4 y 7 (4).

### Cálculos

Los mL gastados de NaOH 0.1N se multiplican por 9 y se divide por 10; y el cociente expresa la acidez titulable de la leche en °Dornic.

°Dornic = 9 x mL de NaOH gastados /10

La relación entre los °Dornic y el contenido de ácido láctico es la siguiente:

°D = 1 mg de ácido láctico/10 mL

°D = 0.01% de ácido láctico

### 3. **Determinación del pH (Método AOAC 947.05)**

#### **Fundamento**

El pH es una medida de la concentración de protones o iones hidrógeno, es decir, de la acidez o basicidad de un medio. En numerosos alimentos el pH es un factor importante para su estabilidad, ya que es determinante en el crecimiento de grupos de microorganismos específicos. El valor de un pH neutro es de 7; por debajo de este valor, el pH se considera ácido y por encima del mismo el pH es básico. Los resultados se expresan en unidades de pH a 20°C. La determinación del pH de una leche se realiza directamente sobre la misma con ayuda de un pH-metro. La precisión entre los resultados de dos determinaciones consecutivas debe ser de 0,10 pH. El pH de una leche es inversamente proporcional a la acidez Dornic; es decir, a mayor acidez menor pH. El pH normal de la leche se encuentra entre 6,6 y 6,8 (Junta de Andalucía, 2023).

#### **Material y reactivos utilizados**

- pH-metro con electrodo de vidrio (sensibilidad 0,05 pH)
- Vasos de precipitado
- Varilla agitadora de vidrio
- Soluciones tampón de referencia, pH 7 y pH 4,01
- Agua destilada

#### **Procedimiento**

- Calibrar el pH-metro con las soluciones tampón de referencia, empezando siempre por la de pH 7. Entre mediciones lavar siempre el electrodo con agua destilada.
- Llevar la muestra hasta los 20°C, y agitar hasta conseguir una perfecta homogeneización
- Sumergir el electrodo del pH-metro en la muestra de leche y leer el valor en el visor.

### **Lectura**

Las mediciones se expresan en unidades de pH a 20°C, con dos cifras decimales.

## **4. Determinación de Sólidos totales -Método de estufa (AOAC 925.23)**

### **Fundamento**

Se entiende por contenido en extracto seco de las leches natural, certificada, higienizada y esterilizada, el residuo expresado en porcentaje de peso, obtenido después de efectuada la desecación de la leche hasta peso constante en estufa a temperatura constante de acuerdo al procedimiento descrito en la norma FIL-21:1962 de la Federación Internacional de Lechería (Unidad de innovación, 2023).

### **Material**

- Balanza analítica, sensibilidad de 0.1 mg.
- Desecador provisto de gel de sílice o algún otro desecante.
- Estufa de desecación que permita obtener una temperatura constante a  $102^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- Cápsula de desecación de aluminio para la determinación de humedad (también se pueden utilizar placas de Petri).
- Baño termostático.

### **Procedimiento**

- Antes del análisis, poner la muestra en un baño termostático a  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  y homogenizar. Si la grasa no se homogeniza bien llevar hasta una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ , mezclar suavemente y enfriar a  $20^{\circ}\text{C}$  antes de la determinación.
- Secar la cápsula junto con la tapadera a  $102^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 30 min.
- Enfriar en el desecador y apuntar el peso.
- Pesar inmediatamente 3 mL de leche anotar exactamente el peso de la muestra.
- Introducir la cápsula en la estufa a  $102^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ , dejando ladeada la tapadera y mantenerla hasta peso constante.
- Transcurrido el tiempo dejar enfriar la placa en el desecador y pesar.

- Asegurar que ha llegado la muestra a peso constante manteniéndola, tras una primera pesada, durante media hora más en la estufa. Repetir la desecación hasta que la diferencia entre dos pesadas consecutivas no sea mayor de 0.5 mg.

### **Cálculo**

El cálculo del extracto seco se realizará de acuerdo a la siguiente ecuación, donde Pfinal es el peso de la cápsula más la muestra una vez completada la desecación y Pinicial es el peso de la cápsula más la muestra sin desecar.

$$\text{Extracto seco (\%)} = (\text{Peso final} / \text{Peso inicial}) \times 100$$

El contenido de humedad, se calcula mediante la diferencia entre 100 y el valor de extracto seco obtenido en cada muestra. El contenido en extracto seco magro (ESM) se calcula mediante la diferencia entre el porcentaje de extracto seco y el porcentaje de grasa determinado en esa misma muestra de leche.

## Anexo 25

Ficha técnica del Pirofosfato férrico liposomal.

microencapsulado

Pirofosfato férrico estabilizado

# Pirofosfato Férrico A.A.S.® (Fe 15.0%)

Fuente de hierro estable en microdispersión



---

### Estabilidad en microdispersión




La estabilidad en microdispersión permite que la fuente mineral no precipite, además de no alterar el sabor, soportando procesos térmicos sin inconvenientes.

---



## ACTA DE CONFORMIDAD

Los que suscribimos, miembros del Jurado Designado para el Acto publico de Sustentación de Tesis cuyo Título es: **“Efecto de la fortificación de la leche pasteurizada y queso andino con pirofosfato férrico liposomal, ácido ascórbico y retinol en los niveles de hemoglobina y aceptabilidad en niños entre 5 a 10 años”**. Presentado por los Bachilleres en Ingeniería en Industrias Alimentarias: Kevin Junior GOMEZ HUAMANI Y John Jairon TERRES QUISPE, el cual fue expuesto el día 16 de febrero del 2023, en merito a la RD N° 028-2023-UNSCH-FIQM/D damos nuestra conformidad a la tesis mencionada y declaramos al recurrente apto para que pueda iniciar las gestiones administrativas conducentes a la expedición y entrega de titulo profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Mg. Julio Fernando PEREZ SAEZ.

MIEMBRO DEL JURADO	DNI	FIRMA
Mg. Julio Fernando PEREZ SAEZ.	06591392	
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA	32904120	
Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI	28244168	



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, los Sres. Kevin Junior GOMEZ HUAMANI y John Jairon TERRES QUISPE de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias han remitido, con el aval y por intermedio de su asesor el Ing. Juan Carlos Ponce Ramírez, la Tesis: *“Efecto de la fodicación de la leche pasteurizada y queso andino con pirofosfato férrico liposomal, ácido ascórbico y retinol en los niveles de hemoglobina y aceptabilidad en niños entre 5 a 10 años”*, y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 9% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha marzo 09 de 2023 e Identificador de la Entrega N° 2033506273.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, marzo 09 de 2023.



Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga  
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia  
L.P. Ingeniería en Industrias Alimentarias

*Dr. Alberto Luis HUA*  
DIRECTO

C.C. Archivo digital.  
Constancia N° 062



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Kevin Junior, Gómez Huamani Y John Jairon, Terres Quispe  
Título del ejercicio: Con depósito  
Título de la entrega: Efecto de la fortificación de la leche pasteurizada y queso an...  
Nombre del archivo: 6-TESIS\_FINAL\_KEVIN\_GOMEZ-JAIRON\_TERRES\_-\_24-01-23.pdf  
Tamaño del archivo: 3.7M  
Total páginas: 137  
Total de palabras: 29,841  
Total de caracteres: 155,052  
Fecha de entrega: 09-mar.-2023 09:16p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 2033506273

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL  
DE HUAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y METALURGIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



TESIS:

"Efecto de la fortificación de la leche pasteurizada y queso andino con pirofosfato férrico liposomal, ácido ascórbico y retinol en los niveles de hemoglobina y aceptabilidad en niños entre 5 a 10 años"

PRESENTADO POR:

Bach. Kevin Junior, GÓMEZ HUAMANI

Bach. John Jairon, TERRES QUISPE

ASESORADO POR: Dr. Juan Carlos, PONCE RAMIREZ

Tesis para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

AYACUCHO - PERÚ

2023

i

# Efecto de la fortificación de la leche pasteurizada y queso andino con pirofosfato férrico liposomal, ácido ascórbico y retinol en los niveles de hemoglobina y aceptabilidad en niños entre 5 a 10 años

*por* Kevin Junior, Gómez Huamani Y John Jairon, Terres Quispe

---

**Fecha de entrega:** 09-mar-2023 09:16p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2033506273

**Nombre del archivo:** 6-TESIS\_FINAL\_KEVIN\_GOMEZ-JAIRON\_TERRES\_-\_24-01-23.pdf (3.7M)

**Total de palabras:** 29841

**Total de caracteres:** 155052

# Efecto de la fortificación de la leche pasteurizada y queso andino con pirofosfato férrico liposomal, ácido ascórbico y retinol en los niveles de hemoglobina y aceptabilidad en niños entre 5 a 10 años

## INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
5	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://dspace.unl.edu.ec">dspace.unl.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

[repositorio.uns.edu.pe](http://repositorio.uns.edu.pe)

8

Fuente de Internet

&lt;1 %

9

[www.contextoganadero.com](http://www.contextoganadero.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

10

[repositorioslatinoamericanos.uchile.cl](http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl)

Fuente de Internet

&lt;1 %

11

[www.tutorialspoint.com](http://www.tutorialspoint.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

12

[docplayer.es](http://docplayer.es)

Fuente de Internet

&lt;1 %

13

Submitted to Corporación Universitaria del Caribe

Trabajo del estudiante

&lt;1 %

14

Submitted to Universidad Nacional Agraria de Nicaragua

Trabajo del estudiante

&lt;1 %

15

[estadistica.260mb.com](http://estadistica.260mb.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

16

[revistas.uis.edu.co](http://revistas.uis.edu.co)

Fuente de Internet

&lt;1 %

17

[repositorio.unid.edu.pe](http://repositorio.unid.edu.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

18

[repositorio.uwiener.edu.pe](http://repositorio.uwiener.edu.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

19

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

---

20

erp.untumbes.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo