



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE NUTRICIÓN HUMANA**



**EFFECTO DE PRODUCTO LÁCTEO ENRIQUECIDO CON  
GRANOS ANDINOS Y ADICIÓN DE HIERRO  
MICROENCAPSULADO EN EL INCREMENTO DE LOS NIVELES  
DE HEMOGLOBINA EN RATAS WISTAR – PUNO, 2019 – 2020.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. LIMBER CASTRO CHINO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**LICENCIADO EN NUTRICIÓN HUMANA**

**PUNO – PERÚ**

**2021**



## DEDICATORIA

*A Dios, por permitirme el privilegio de llegar a uno de los escalones más importantes de mi formación profesional.*

*Mi profundo y siempre agradecimiento a mis padres Miguel Ángel y Margarita por ser los pilares más importantes en mi vida, por demostrarme siempre su cariño, comprensión y su apoyo incondicional.*

*A mis hermanas excepcionales Otilia, Nélide, Henry, Edy, Kely Zenayda y David Alimber por el apoyo y la motivación incondicional que me brindaron a lo largo de mi formación profesional.*

*Mi infinito agradecimiento a mis grandes tutores y amigos que la vida me permitió conocer Lic. Wilde, Lic. Cladita, Lic. Royer, Ing. Marcelina, Lic. Kateryn, Lic. Yudith, Lic. Yaneth por siempre compartir sabios consejos que me permiten tomar mejores decisiones.*

*A mis mejores amigos Liz Limachi, Harrison Yana, Roscio Mara, Elmer Maquera, Ana Maria Huancco, Henoc Gonzales, Paola Holguin, Vanessa Hallasi, Liz Faijo, Luz Deza, Banessa Yujra, Gabriela Ccama por sus consejos y palabras de aliento para que siga adelante con mis metas.*

**Limber Castro Chino**



## AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Escuela Profesional de Nutrición Humana por haberme acogido durante los cinco años de estudio, porque en sus aulas, recibimos el conocimiento intelectual y humano de cada uno de los docentes y personal administrativo.
- Con profundo respeto y gratitud a los miembros del jurado dictaminador: Lic. Gladys Teresa Camacho de Barriga, M.Sc. Jose Luis Carcahusto Carpio, M.Sc. Verónica Llanos Condori, por la orientación y su apoyo incondicional que nos brindaron durante el proceso de realización del presente trabajo de investigación.
- Con mucho aprecio y respeto a mi asesora de tesis: Dra. Benita Maritza Choque Quispe, por su tiempo y orientación impulsándonos siempre a seguir adelante, transmitiéndonos sus amplios conocimientos y sus sabios consejos.

**Limber Castro Chino**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN..... 10**

**ABSTRACT..... 11**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 12**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. .... 13**

**1.3. JUSTIFICACIÓN..... 14**

**1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 15**

1.4.1. Objetivo general. .... 15

1.4.2. Objetivos específicos. .... 16

**1.5. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA..... 16**

1.5.1. Hipótesis general ..... 16

1.5.2. Hipótesis específica ..... 16

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1 ANTECEDENTES..... 18**

2.1.1 A nivel internacional. .... 18

2.1.2 A nivel nacional..... 22

2.1.3 A nivel local..... 28

**2.2 MARCO TEÓRICO..... 28**

2.2.1 Consumo de producto lácteo. .... 28

2.2.2 Producto lácteo. .... 28

2.2.2.1 Determinación de la composición química. .... 29

2.2.3 Granos andinos ..... 31



2.2.4	Enriquecimiento.....	36
2.2.4.1	Compuestos de hierro a ser utilizados.....	37
2.2.5	Microencapsulación.....	40
2.2.5.1	Métodos de encapsulación de hierro.....	40
2.2.5.2	Fases de microencapsulación.....	43
2.2.5.3	Absorción de hierro.....	44
2.2.6	Ratas cepa Wistar (Rattus Novergicus).....	45
2.2.6.1	Taxonomía.....	46
2.2.6.2	Variedades de cepa.....	46
2.2.6.3	Descripción morfológica.....	47
2.2.6.4	Manejo nutricional.....	48
2.2.6.5	Estado basal de nutrición de hierro en ratas.....	51
2.2.6.6	Toxicidad de fumarato ferroso microencapsulado 60%.....	52
2.2.6.7	Parámetros Hematológicos.....	53
2.2.6.8	Incremento de los niveles de hemoglobina.....	53
2.2.6.9	Manejo sanitario:.....	54
<b>2.3</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>57</b>
2.3.1	Producto lácteo.....	57
2.3.2	Hemoglobina.....	57
2.3.3	Microencapsulación.....	57
2.3.4	Efectividad.....	58

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1</b>	<b>TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>59</b>
<b>3.2</b>	<b>ÁMBITO DE ESTUDIO.....</b>	<b>59</b>
<b>3.3</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>59</b>
<b>3.4</b>	<b>CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....</b>	<b>60</b>
<b>3.5</b>	<b>VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN.....</b>	<b>60</b>
<b>3.6</b>	<b>DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MÉTODOS, TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>61</b>



3.6.1. Periodo de depleción de los niveles de hemoglobina de las ratas albinas cepa Wistar.....	61
3.6.2. Periodo de repleción de los niveles de hemoglobina de las ratas albinas cepa Wistar.....	63
3.6.3. Obtención de la sangre. ....	68
<b>3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>70</b>
<b>3.8 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....</b>	<b>71</b>
<b>3.9 TÉCNICA DE PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO. ....</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PRODUCTO LÁCTEO ENRIQUECIDO CON GRANOS ANDINOS. ....</b>	<b>72</b>
<b>4.2 NIVELES DE HEMOGLOBINA EN RATAS WISTAR ANTES Y DESPUÉS DEL CONSUMO DEL PRODUCTO LÁCTEO ENRIQUECIDO CON GRANOS ANDINOS Y ADICIÓN DE HIERRO MICROENCAPSULADO. ....</b>	<b>74</b>
<b>4.3 RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO DE PRODUCTO LÁCTEO E INCREMENTO DE LOS NIVELES DE HEMOGLOBINA EN RATAS WISTAR. ....</b>	<b>77</b>
<b>4.4 EFECTO DEL PRODUCTO LÁCTEO ENRIQUECIDO CON GRANOS ANDINOS Y ADICIÓN DE HIERRO MICROENCAPSULADO EN EL INCREMENTO DE LOS NIVELES DE HEMOGLOBINA EN RATAS WISTAR. ....</b>	<b>79</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>83</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>94</b>

**Área:** Ciencias Biomédicas.

**Línea:** Atención Nutricional a Personas Sanas y Enfermas en las Diferentes Etapas de la Vida

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 19 de agosto 2021



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01.</b>	Adecuación de nutrientes.....	28
<b>Tabla 02.</b>	Composición química de las diferentes variedades de quinua. ....	33
<b>Tabla 03.</b>	Composición química de las diferentes variedades de cañihua.....	34
<b>Tabla 04.</b>	Composición aminoacídica de quinua y cañihua. ....	35
<b>Tabla 05.</b>	Espacios mínimos de jaulas y cajas para la rata de bioterio.....	48
<b>Tabla 06.</b>	Requerimiento de energía y macronutrientes. ....	49
<b>Tabla 07.</b>	Requerimiento de aminoácidos. ....	49
<b>Tabla 08.</b>	Requerimiento de micronutrientes y vitaminas. ....	50
<b>Tabla 09.</b>	Escala de rangos, potencias o estimaciones de toxicidad aguda en función a la DL <sub>50</sub> de la sustancia. ....	53
<b>Tabla 10.</b>	Hemograma de ratas Wistar machos y hembras de 6 a 34 semanas.....	53
<b>Tabla 11.</b>	Composición química del producto lácteo enriquecido con granos andinos (quinua y cañihua). ....	72
<b>Tabla 12.</b>	Niveles de hemoglobina en ratas Wistar antes y después del consumo del producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado – Puno, 2019 – 2020.....	74
<b>Tabla 13.</b>	Relación entre el consumo de producto lácteo e incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 – 2020. ....	77



<b>Tabla 14.</b>	Efecto del producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado en el incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 – 2020.....	79
<b>Tabla 15.</b>	Base de datos del seguimiento de las unidades ratas Wistar fase de intervención en el 2020.....	95
<b>Tabla 16.</b>	Composición química estimada de la tortilla de verduras según las tablas peruanas de composición de alimentos 2017. ....	96
<b>Tabla 17.</b>	Registro de los niveles de hemoglobina de las unidades ratas Wistar.....	97





## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

**NaFeEDTA:** Etilendiaminotetraacetato ferrosódico

**DL<sub>50</sub>:** Dosis letal media

**Ht:** Hematocrito

**Hb:** Hemoglobina

**G. E.:** Grupo experimental

**G. C.:** Grupo control

**Fe:** Hierro



## RESUMEN

El objetivo de este estudio es determinar el efecto del producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado en el incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 – 2020. La investigación fue de tipo correlacional y cuasi - experimental; la muestra estuvo conformado por 12 ratas cepa Wistar, pasando por un proceso de adaptación de 2 semanas, seguidamente se tomó un dosaje de hemoglobina de control, una vez obtenido los datos se procedió a elaborar una dieta deficitaria en hierro la cual se le brindo por 45 días, posteriormente se realizó un nuevo dosaje de hemoglobina con el fin de dividir las ratas aleatoriamente al azar teniendo un grupo control a la cual se le brindo una dieta control, dos grupos experimentales: el primer grupo se le suministro el producto lácteo enriquecido con granos andinos adicionado con 18 mg de Fe microencapsulado y el segundo grupo con 35 mg de Fe microencapsulado, este proceso duró 14 días, al día siguiente se le tomo el último dosaje de hemoglobina para conocer cuántos g/dL de hemoglobina incrementaron. Para el análisis de los resultados se utilizó la prueba estadística de Kruskal Wallis y la Chi cuadrada, obteniéndose los siguientes resultados: el promedio de incremento en el grupo control fue 0.45g/dL, en el primer grupo experimental fue de 3.63g/dL y el segundo grupo experimental fue de 2.63g/dL, a su vez, mediante la prueba estadística de Kruskal Wallis se obtuvo un  $P = 0.011$  por lo que se acepta la hipótesis planteada, en conclusión la incorporación de hierro microencapsulado en el producto lácteo enriquecido con granos andinos tiene efecto en el incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar.

**Palabras claves:** producto lácteo, hemoglobina, microencapsulado y efectividad.



## ABSTRACT

The objective of this study is to determine the effect of dairy product enriched with Andean grains and the addition of microencapsulated iron on the increase in hemoglobin levels in Wistar rats - Puno, 2019 - 2020. The research was correlational and quasi - experimental; The sample consisted of 12 Wistar strain rats, undergoing a 2-week adaptation process, then a control hemoglobin dosage was taken, once the data was obtained, a diet deficient in iron was prepared, which was provided by 45 days, later a new hemoglobin dosage was performed in order to randomly divide the rats at random, having a control group which was given a control diet, two experimental groups: the first group was supplied with the milk product enriched with Andean grains added with 18 mg of microencapsulated Fe and the second group with 35 mg of microencapsulated Fe, this process lasted 14 days, the next day the last dose of hemoglobin was taken to know how many g / dL of hemoglobin they increased. For the analysis of the results, the Kruskal Wallis statistical test and the Chi square test were used, obtaining the following results: the average increase in the control group was 0.45g / dL, in the first experimental group it was 3.63g / dL and The second experimental group was 2.63g / dL, in turn, by means of the Kruskal Wallis statistical test, a  $P = 0.011$  was obtained, which is why the proposed hypothesis is accepted, in conclusion the incorporation of microencapsulated iron in the milk product enriched with Andean grains have an effect on increasing hemoglobin levels in Wistar rats.

**Key words:** dairy product, hemoglobin, microencapsulated and effectiveness.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Actualmente, la anemia ferropénica es uno de los problemas de salud más importantes a nivel mundial, pues de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud la anemia afecta a más del 30% de la población mundial; ya que el 50% de los casos por esta deficiencia es atribuible a las mujeres y niños<sup>(1)</sup>. El grupo de niños menores a 5 años son los más susceptibles a padecer debido a su rápido crecimiento y desarrollo, durante esta etapa, el impacto de la disminución de hierro logra acarrear graves consecuencias a nivel del sistema nervioso central, donde los daños son permanentes<sup>(2)</sup>, esto se debe al incremento del requerimiento de hierro durante este lapso de crecimiento rápido de los tejidos asciende a 0.8 mg/día, dato tan alto como el requerimiento de un hombre adulto. Esta situación se vive principalmente en los países en vías de desarrollo<sup>(1)</sup>.

La anemia por deficiencia de hierro por su enorme prevalencia en nuestro país deja traslucir la gran importancia que tiene, tanto en sus aspectos clínicos como sociales. En el 2020 la prevalencia de anemia en niños y niñas de 0 a 36 meses en el Perú fue de 40.0%, siendo la región de Puno con la prevalencia más alta a nivel nacional con un 69.4%<sup>(3)</sup>.

Frente a esta situación, las normas nacionales sobre alimentación infantil dadas por el Ministerio de Salud que establecen que todo niño hasta los 6 meses de edad debe recibir suplementos preventivos de sulfato ferroso, en forma de jarabe, con una dosis de 2 miligramo de hierro elemental por kilogramo de peso corporal con fines de prevenir la anemia ferropénica por insuficiencia de este nutriente, lo cual cubre hasta los 36



meses de edad<sup>(4)</sup>, así mismo que no existe ninguna suplementación para los niños preescolares los mismos que son propensos a esta carencia nutricional.

Debido a la problemática expuesta el enriquecimiento de productos con hierro busca obtener resultados con evidencias científicas donde se logren efectos positivos sobre los niveles de hemoglobina. Por tal motivo el producto lácteo representa un producto alternativo que se podría usar para introducir nutrientes beneficiosos para la salud en la dieta<sup>(5)</sup>, logrando así disminuir la prevalencia de anemia ferropénica para este grupo etario. Por consiguiente, se plantea en esta investigación generar un estudio científico en ratas Wistar como antecedente de una nueva alternativa de suplementación para los niños que se encuentran en la etapa preescolar que presentan una carencia nutricional como lo es la anemia ferropénica.

Tomando en consideración que la fuente más accesible de suministrar el hierro es la vía oral, se opta brindar un producto lácteo enriquecido con hierro microencapsulado elaboradas a partir de pseudocereales andinos que tienen una particularidad que las hace destacar frente a muchos otros alimentos, y es que de por sí solos son muy nutritivos.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Cuál es el efecto de producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado en el incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 - 2020?



### 1.3. JUSTIFICACIÓN.

La anemia por deficiencia de hierro, se estima a partir del nivel de hemoglobina en la sangre. Es una carencia que a nivel nacional afecta a cuatro de cada diez niñas y niños menores de tres años de edad, es mayor en la zona rural (48.4%) que en la zona urbana (36.7%), en el 2020<sup>(3)</sup>.

Según la región natural, en el 2020, la prevalencia de la anemia fue mayor en las regiones de la sierra (48.6%) y la selva (46.3%), que contrastan con la costa donde la prevalencia de esta carencia afecta al 33.5% de las niñas y niños menores de tres años de edad<sup>(3)</sup>.

Al concluir el año 2020 en la región de Puno la prevalencia de anemia es de 69.4%, lo cual implica una mínima disminución en la prevalencia de anemia en niños y niñas de 6 a 35 meses de edad en comparación al 2019 (69.9%)<sup>(3)</sup>.

Por otro lado, hay que mencionar que las causas de la alta prevalencia de anemia ferropénica son: absorción insuficiente (ingesta dietética insuficiente o inadecuada, síndrome de malabsorción.), pérdidas aumentadas (parasitosis intestinales, hemorragias digestivas, hemorragias perinatales y patologías del tubo digestivo), depósitos disminuidos (prematuros, gemelares), aumento de los requerimientos (crecimiento acelerado)<sup>(6)</sup>.

Sin embargo, la anemia ferropénica lleva consigo consecuencias graves para la salud, como el trastorno psicomotriz – cognitivo, trastornos de tolerancia al esfuerzo, trastornos gastrointestinales, alteración de tejido epiteliales, predisposición a intoxicación plúmbica, retardo en el crecimiento corporal, trastornos de inmunidad,



disminución de la resistencia a las infecciones y la predisposición a tener un accidente cardiovascular isquémico<sup>(6)</sup>.

Por consiguiente, es primordial corregir la causa con una administración de la dieta adecuada, tratamiento de parasitosis, control de reflujo gástrico y manejo del síndrome de malabsorción.

Está comprobado que la anemia ferropénica es perjudicial para la salud, sin embargo, por la urgencia que esto implica nos enfrenta llevar a cabo investigaciones rigurosas para producir una evidencia científica sobre la seguridad y eficacia cumpliendo los protocolos de investigación que no han sido probadas previamente con niños. Por lo tanto, hay que tener en consideración uno de los principios de la investigación en seres humanos la cual debe apoyarse en un profundo conocimiento de la bibliografía científica, en otras fuentes de información pertinente, así como en experimentos realizados en animales<sup>(7)</sup>.

La realización de la investigación en ratas se debe en cumplimiento a los protocolos establecidos para toda investigación, a su vez el comité de ética de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno rechazó nuestro pedido para realizarlo en niños en edad pre escolar.

#### **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **1.4.1. Objetivo general.**

Evaluar el efecto del producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado en el incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 – 2020.



#### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la composición química del producto lácteo enriquecido con granos andinos (quinua, cañihua).
- Determinar los niveles de hemoglobina en ratas Wistar antes y después del consumo del producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado – Puno, 2019 – 2020.
- Evaluar la relación entre el consumo de producto lácteo y el incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 – 2020.

#### **1.5. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA.**

##### **1.5.1. Hipótesis general**

$H_a$ : El consumo de producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado es efectivo al incrementar los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 – 2020.

$H_o$ : El consumo de producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado no es efectivo al no incrementar los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 – 2020.

##### **1.5.2. Hipótesis específica**

$H_a$ : El consumo de producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado se relaciona con el incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 – 2020.





$H_0$ : El consumo de producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado no se relaciona con el incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 – 2020.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES.

##### 2.1.1 A nivel internacional.

**Anaya et al. (2020)**, realizaron el estudio titulado “Evaluación de formulaciones de galletas antianémicas con diferentes contenidos de quinua y diferentes contenidos de hierro hemínico, por reducción de ratas holtzman”, el estudio experimental se realizó en 30 ratas holtzman las cuales fueron subdivididos en 3 grupos: un primer grupo de control y dos grupos experimentales (cada grupo conformado por 10 especímenes), los cuales recibieron dos tipos de dosis, el primer grupo se alimentó con las galletas de la formulación 1 y el segundo grupo con las galletas de la formulación 2, por el periodo de cinco semanas. Obteniéndose en los resultados que en el periodo de repleción el análisis de varianza fue significativo ( $\alpha = 0.05$ ), y la prueba Tukey mostro que el promedio del nivel de hemoglobina de los tres grupos es significativamente diferente, siendo mayor en las ratas alimentadas con la galleta antianémica de la formulación 2 que logro un incremento de 11. 4 g/dL a 15. 66 g/dL en sus niveles de hemoglobina, cuya formulación en el análisis bromatológico en 100 gramos de producto presenta: 346.72 Kcal, 10.25% proteína, 20.17% grasa, 42.9% carbohidratos y 27.60 mg de hierro, por consiguiente, se concluyó que las galletas antianémicas formuladas cumplen con los requerimientos nutricionales exigidos por la FAO y las Normas Sanitarias Peruanas, demostrándose ser aptas para consumo humano, así mismo reafirmar, que con los niveles adecuados de *Chenopodium Quinoa Willd* y hierro hemínico, se redujo la anemia<sup>(8)</sup>.



**Al – Shemy (2018)**, realizó el estudio “Nanopartículas de óxido de hierro versus sulfato ferroso en el tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro en ratas”, el estudio llegó a utilizar 40 ratas albinas machos las cuales se dividieron en dos grupos principales: grupo control (10 ratas) y grupo anémico (30 ratas) que recibieron una dieta basal libre de hierro durante seis semanas, luego el grupo anémico se subdividió en 3 grupos (10 ratas en cada grupo): grupo control anémico, grupo sulfato ferroso (sulfato ferroso 0.4 mg/kg peso/10 días) que incremento de  $12.40 \pm 0.20$  g/dL a  $16.56 \pm 0.18$  g/dL en sus niveles de hemoglobina y el grupo de nanopartículas de óxido de hierro (nanopartículas de óxido de hierro 0.4 mg/kg peso/10 días) en agua potable donde se tuvo un mayor incremento de  $12.40 \pm 0.20$  g/dL a  $18.46 \pm 0.33$  g/dL en sus niveles de hemoglobina. Llegando a la conclusión de que las nanopartículas de hierro lograron un aumento significativo de la hemoglobina en comparación con los grupos de sulfato ferroso y los grupos control, estos resultados revelaron que las nanopartículas de óxido de hierro demostraron ser un fármaco eficaz para el tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro en ratas<sup>(9)</sup>.

**Sayah & Ouazene (2017)**, realizaron el estudio titulado “Efecto del sulfato ferroso como suplemento dietético para algunos parámetros biológicos sobre la histología del tejido hepático en ratones”, para este estudio se utilizaron 18 ratas machos de la cepa *Mus musculus* con una edad de 5 a 6 semanas y un peso de 20 a 28 gramos las cuales se dividieron en 3 grupos de 6 ratones cada uno, luego fueron alimentadas con las dietas experimentales que contenían sulfato ferroso durante 31 días: lote 1: ratones de control alimentados con una dieta estándar, lote 2: ratones alimentados con una dieta estándar suplementada con 70 mg de sulfato ferroso/kg de alimento y Lote 3: ratones alimentados con una dieta estándar suplementada con 140 mg de sulfato ferroso/kg de alimento. En los resultados en cuanto a los niveles de



hemoglobina para el lote 1:  $13.02 \pm 0.35$  g/dL, lote 2:  $13.25 \pm 0.29$  g/dL, y para el Lote 3:  $14.64 \pm 0.42$  g/dL, en conclusión los efectos que se observaron en la variación según el dosaje de los parámetros hematológicos y bioquímicos no revelo ninguna diferencia significativa, con la excepción de glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito, en los cuales se describe un aumento significativo en estos parámetros entre el grupo control y los dos grupos tratados<sup>(10)</sup>.

**Rocha (2016)**, se realizó el estudio titulado “Elaboración, caracterización y suplementación oral de micropartículas de hierro en ratas depletadas”, este estudio utilizo 15 ratas Sprague Dawley depletadas en Fe que fueron divididas en 3 grupos: grupo control, dieta + sulfato ferroso (55.6 mg de Fe/kg/18 días) en el cual se tuvo un incremento de  $16.2 \pm 0.6$  g/dL a  $18.3 \pm 1.0$  g/dL de hemoglobina, tratamiento 1: dieta + Fe no hem (54.1 mg de Fe/kg/18 días) tuvo un incremento de  $15.6 \pm 0.9$  g/dL a  $19.3 \pm 0.8$  g/dL de hemoglobina, y tratamiento 2: dieta +Fe no hem/Fe hem (54.1 mg de Fe/kg/18 días) incremento de  $15.9 \pm 0.9$  g/dL a  $18.7 \pm 1.0$  g/dL de hemoglobina, estos resultados mostraron que todos los tratamientos utilizados en el presente estudio mejoraron el estado de depleción de las ratas generando individuos con un estado de nutrición de hierro normal. sin embargo, no hubo un efecto del tratamiento con la encapsulación de hierro no hem, como tampoco de la suplementación con diferentes fuentes de hierro encapsulado ( $P > 0.05$ )<sup>(11)</sup>.

**Loucif & Madi (2015)**, realizan un estudio titulado “Efecto de la suplementación con hierro sobre los parámetros hematológicos en ratas albinas cepa Wistar”, para este estudio se utilizaron 12 ratas hembras de la cepa Wistar con un peso de 150 a 160 gramos repartidas en 2 grupos: el primer lote(6 ratas) alimentado con la dieta estándar, y el segundo lote alimentado con la dieta estándar e inyectado con 8 mg



de Fe/kg de peso corporal en forma de cloruro ferroso tetrahidratado cada 72 horas durante 21 días. Los resultados no mostraron cambios significativos en la concentración de hemoglobina por lo que se concluye que la suplementación con hierro condujo a un aumento significativo en el número de glóbulos rojos, linfocitos y granulocitos, sin embargo, el nivel de plaquetas, glóbulos rojos, la concentración de hemoglobina y el porcentaje de hematocrito no tuvieron cambios significativos<sup>(12)</sup>.

**García et al. (2013)**, realizaron el estudio “Efecto de la suplementación con diferentes fuentes de hierro durante la recuperación de ratas anémicas”, para este estudio se utilizaron 28 ratas hembras recién destetadas Sprague Dawley con un peso de 35 a 45 gramos, se dividió en dos grupos: el primer grupo control no anémico (7 ratas) que recibió una dieta normal en hierro (40 mg de Fe de sulfato ferroso/14 días) incrementando sus concentraciones de hemoglobina de  $12.94 \pm 0.57$  g/dL a  $14.30 \pm 0.57$  g/dL, y 21 ratas que recibieron una dieta de caseína con bajo contenido de hierro para que desarrollen anemia, este grupo a su vez fue subdividida en tres grupos: el grupo control anémico (recibió 40 mg de Fe de sulfato ferroso/14 días) e incremento sus concentraciones de hemoglobina de  $7.33 \pm 0.51$  g/dL a  $12.56 \pm 0.53$  g/dL, los otros dos grupos fueron suplementadas con el primero de ellos recibió mezclas de 1mg de trofin + 20 mg de Fe de sulfato ferroso/14 días el cual incremento sus concentraciones de hemoglobina de  $7.33 \pm 0.42$  g/dL a  $13.31 \pm 0.41$  g/dL, y el otro grupo que recibió 1mg de trofin + 10 mg de Fe de sulfato ferroso/14 días incrementando sus concentraciones de hemoglobina de  $7.67 \pm 0.52$  g/dL a  $12.87 \pm 0.47$  g/dL. En los resultados al analizar el incremento de la concentración de hemoglobina fue mayor en cada uno de los grupos anémicos con respecto al grupo control no anémico ( $P < 0.001$ ) pero no se observaron diferencias significativas entre los grupos anémicos ( $P > 0.05$ ). Por ende se concluyó que al combinar el hierro



hemínico aportado por el trofin + el hierro no hemínico aportado por el  $\text{FeSO}_4$  en una proporción de (96/4) kg de dieta y una cantidad total de Fe del 60% de los requerimientos de la especie fue más eficiente, ya que demostró una mejor recuperación de los indicadores hematológicos y una biodisponibilidad mineral mayor al grupo que recibió  $\text{FeSO}_4$ <sup>(13)</sup>.

### 2.1.2 A nivel nacional.

**Amaro et al (2019)**, estudiaron el “Efecto del consumo del extracto de quinua en anemia ferropénica inducida en ratones”, para este estudio se utilizaron 30 ratones albinos *Mus musculus* de la cepa b/c, con un peso promedio de 24 a 32.7 gramos, se formaron 3 grupos de 10 ratones cada uno: grupo control negativo hierro suficiente recibió 40 g/día de alimento balanceado durante 6 semanas; grupo control hierro deficiente (HD) recibió 40 g/día de dieta ferropénica durante 7 semanas, y el grupo hierro deficiente (HD) recibió 40 g/día de dieta ferropénica durante 7 semanas partir la semana 5 se agregó 20 g/día de extracto de quinua (EQ). Al finalizar el tratamiento se observó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), en los niveles de hemoglobina entre los grupos control positivo (HD) que disminuyó sus niveles de hemoglobina de  $9.1 \pm 1.1$  g/dL a  $8.9 \pm 1.1$  g/dL, y el grupo experimental (HD + EQ) que incrementó de  $9.3 \pm 0.7$  g/dL a  $11.4 \pm 0.5$  g/dL, llegando a la conclusión que en condiciones experimentales la quinua presenta un efecto antianémico<sup>(14)</sup>.

**Lozano (2019)**, realizó el estudio “Efecto de una mezcla de minerales y vitaminas sobre la capacidad antioxidante y la anemia inducida en ratas”, en este estudio se utilizaron 30 ratas albinas Holtzman distribuidas aleatoriamente en 5 grupos, inducidas a anemia mediante extracción sanguínea y dieta deficiente en hierro, y se les brindó el tratamiento para la repleción de sus niveles de hemoglobina por un



periodo de 21 días, los grupos fueron: grupo control negativo que tuvo un incremento casi insignificante de sus concentraciones de hemoglobina de  $14.6 \pm 1.0$  g/dL a  $14.7 \pm 0.8$  g/dL, el grupo control positivo recibió una dieta deficiente en hierro, pero incremento sus concentraciones de hemoglobina de  $6.3 \pm 1.8$  g/dL a  $11.8 \pm 1.8$  g/dL, grupo mezcla MV (fumarato ferroso: 3 mg Fe/kg peso + zinc, ácido fólico, vit. A y vit. C) que incremento sus concentraciones hemoglobina de  $6.3 \pm 1.4$  g/dL a  $15.4 \pm 1.2$  g/dL, el grupo de sulfato ferroso (3 mg Fe/kg peso) incrementando sus concentraciones hemoglobina de  $7.3 \pm 1.0$  g/dL a  $14.7 \pm 1.2$  g/dL, y grupo de hierro hemínico (3 mg Fe/kg peso) que incremento sus concentraciones de hemoglobina de  $7.0 \pm 1.7$  g/dL a  $13.9 \pm 1.3$  g/dL. Obteniéndose como resultado que los 3 tipos de hierro lograron la recuperación de hemoglobina, sin embargo se halló una diferencia más significativa entre el grupo control positivo y grupo mezcla MV ( $p$  – valor = 0.001), por ende se concluye que los tres tratamientos de hierro produjeron un efecto antianémico<sup>(15)</sup>.

**Amaro et al (2018)**, estudiaron el “Efecto del extracto de alfalfa (*medicago sativa*) en anemia ferropénica inducida, en ratones (*mus musculus*)”, para lo cual utilizaron 30 ratones albinos *Mus musculus* divididos en tres grupos de 10: grupo control negativo hierro suficiente que recibió 40 g/día de alimento balanceado durante siete semanas, grupo control positivo hierro deficiente (HD) que recibió 40 g/día de dieta ferropénica durante siete semanas, y el grupo experimental hierro deficiente (EHD) que recibió 40 g/día de dieta ferropénica durante siete semanas y a partir de la semana cinco se agregó 20g/día de extracto de alfalfa. Al finalizar el tratamiento se observó diferencias significativas en los niveles de hemoglobina entre el grupo control positivo (HD) que disminuyo sus niveles de hemoglobina de 8.76 g/dL a 8.41 g/dL y el grupo experimental que incremento sus niveles de hemoglobina de  $8.59 \pm 3.1$  g/dL a  $13.4 \pm 3.3$  g/dL ( $P < 0.05$ ), por tanto, la alfalfa en condiciones experimentales



presenta un efecto antianémico, lo cual es sustentado según los resultados de los niveles de hemoglobina<sup>(16)</sup>.

**Caballero & Valdivia (2018)**, con el estudio titulado “Efecto del consumo de galletas elaboradas con harina de trigo, camu camu y sangrecita, sobre el nivel de hemoglobina en unidades experimentales con anemia inducida, Arequipa – 2018”, se utilizaron 9 ratas hembras de 6 meses de edad y un peso de 268 a 345 gramos, las cuales fueron distribuidos aleatoriamente en 3 grupos: el grupo blanco que consumió una dieta habitual, el grupo control y el grupo experimental fueron provocados anemia ferropénica al cabo de 32 días, seguidamente se les administró el tratamiento por 21 días, al grupo experimental con 6.38 g de harina de sangre, 14.9 g de harina de trigo y 8.5 g de harina de camu camu. Los resultados obtenidos muestran cambios significativos ( $P < 0.05$ ) para los valores finales de hemoglobina (16 – 19 g/dL), siendo la administración de la galleta N°2 elevó considerablemente los niveles de hemoglobina en un 34% recuperando exitosamente a las unidades experimentales de su anemia ferropénica inducida con una hemoglobina final aproximada de 17.5 mg/dL de sangre<sup>(17)</sup>.

**Becerra & Molloco (2018)**, realizaron el estudio “Efecto de la harina y del extracto etanólico *Erythroxyllum Coca* sobre la hemoglobina sérica en ratas *Rattus Novergicus* en comparación con sulfato ferroso. Julio 2017 – enero 2018 - Arequipa”, se utilizaron 20 ratas hembras Wistar con un peso de 200 a 240 gramos, edad promedio 16 a 24 semanas divididas aleatoriamente en 4 grupos, de 5 cada uno: grupo control alimentado con una dieta habitual, otro grupo administrado harina de *erythroxyllum coca* 0.71 g/día, otro grupo se le administro extracto etanólico de *erythroxyllum coca* 1.17 g/día y el último grupo que se le administro 1 mg/día de sulfato ferroso expuestas





por 49 días. Al comprar los niveles de hemoglobina antes y después del tratamiento se evidencio que las ratas expuestas a 1.17gr/día de extracto etanólico de coca y a 0.71 gr/día de harina de coca, estos tuvieron un incremento significativo de la concentración promedio de la hemoglobina en comparación con las que recibieron sulfato ferroso 1 mg/día y dieta habitual en la cual no se apreció un incremento significativo de la concentración de hemoglobina, según el análisis de varianza existen diferencias estadísticas significativas entre los 4 grupos experimentales, a su vez , el mejor tratamiento fue el extracto etanólico de *erythroxyllum coca* según la prueba de Tukey, por ende se afirma que la harina y el extracto etanólico *erythroxyllum coca* tuvo un efecto positivo sobre el incremento en los niveles séricos de hemoglobina<sup>(18)</sup>.

**Alvarado & Rodríguez (2017)**, realizaron el estudio “Efecto del consumo de hierro contenido en la murmunta (*Nostoc sphaericum*) en la recuperación de ratas con anemia inducida, Arequipa, 2017”, utilizaron 16 unidades experimentales de variedad Sprague Dawley, inducidas a tener anemia con una dieta baja en hierro por 4 semanas, después fueron distribuidas en 4 grupos: grupo blanco (dieta baja en hierro = 0.08 mg Fe) después de 45 días disminuyo sus concentraciones de hemoglobina de 9.3 a 9.2 g/dL, el grupo control (1mg/kg/día de sulfato ferroso + dieta normocalorica, normoproteica = 0.11 mg Fe) después de 45 días incremento sus concentraciones de hemoglobina de 9.03 a 10.43 g/dL, el primer grupo experimental (2.0 g/kg/día de murmunta deshidratada en 10 ml agua hervida fría + dieta = 0.33 mg Fe) después de 45 días incremento sus concentraciones de hemoglobina de 9.2 a 10.35 g/dL, y el segundo grupo experimental (1.0 g/kg/día de murmunta deshidratada en 10 ml agua hervida fría + dieta = 0.20 mg Fe) después de 45 días incremento sus concentraciones de hemoglobina de 8.97 a 9.8 g/dL, los resultados que se obtuvieron en la distribución de la concentración de la hemoglobina relacionado el tratamiento control, tratamiento



experimental con 2.0 g/kg/día y 1.0 g/kg/día no presenta ningún efecto significativo en la recuperación de las unidades experimentales. Por ende se concluye que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, demostrándose que la administración de murmunta no presenta ningún efecto significativo en la recuperación de las unidades experimentales que fueron inducidos a anemia<sup>(19)</sup>.

**Ayala (2015)**, realizo el estudio “Yogurt fortificado con vitamina A, ácido fólico, hierro y zinc en animales experimentales con anemia inducida”, se utilizaron 15 ratas machos de la raza Holtzman de 27 a 28 días de vida previamente inducidos a anemia a un promedio de hemoglobina de 10.13 g/dL, luego se les distribuyo en dos grupos: la primera conformada por 5 animales que recibió 20 g/día de la dieta purificada estándar, y la segunda conformada por 10 animales que recibió 20 g/día de la dieta purificada deficitaria más yogurt fortificado (0.212 mg retinol, 0.095 mg de ácido fólico, 3.49 mg de hierro y 3.92 mg de zinc todo en 100 gramos de alimento), al culminar el tratamiento tuvieron un incremento en la concentración de hemoglobina (Hb promedio: 14.70 g/dL y 15.40 g/dL en el primer y segundo grupo respectivamente), sin embargo, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas en la hemoglobina entre los grupos ( $P = 0.164$ ), demostrándose en el trabajo el efecto antianémico del producto fortificado, basado en los resultados de la concentración de la hemoglobina<sup>(20)</sup>.

**Ayala (2015)**, realizo la investigación del “Estudio de la adición de vitamina A, ácido fólico, hierro y zinc al yogurt, en animales experimentales con anemia inducida”, para lo cual utilizo 10 ratas machos Holtzman de 27 a 28 días de vida, llevándolos a un periodo de depleción de sus concentraciones de hemoglobina con una concentración de hemoglobina promedio de 10.24 g/dL, luego de recibir la dieta



deficitaria más el yogurt fortificado con vitamina A (retinol 0.212 mg, ácido fólico 0.095 mg, hierro 3.49 mg, zinc 3.92 mg todo esto en 100 gramos de alimento) sus niveles de hemoglobina en promedio incrementaron a 15.04 g/dL, lo cual evidencio de un incremento significativo en la concentración de hemoglobina ( $P < 0.05$ ) después de los 28 días de tratamiento. En conclusión, el yogurt fortificado demostró un efecto anti anémico<sup>(21)</sup>.

**García & Villar (2010)**, realizaron un el estudio “Efecto de una dieta a base de *Chenopodium Quinoa* (Quinoa) enriquecida con retinol, sobre la concentración de hemoglobina sérica en *Rattus Rattus* variedad *Albinus* con anemia inducida” se utilizaron 12 ejemplares divididos en dos grupos experimentales: luego de la inducción a anemia el primer grupo experimental que recibió una dieta a base de *Chenopodium quinoa* “quinua” enriquecida con retinol (60 gramos de harina de quinua y 71.43 mg de retinol/30 días) tuvo una hemoglobina promedio de 7.84 d/dL, y el segundo grupo experimental que recibió una dieta a base de *Chenopodium quinoa* “quinua” (60 gramos de quinua/30 días) tuvo una hemoglobina promedio de 8.34 g/dL. Al finalizar el tratamiento los valores de hemoglobina obtenidos en promedio fueron de 13.53 g/dL para el primer grupo experimental y 11.52 g/dL para el segundo grupo experimental. Por lo que se concluye que el efecto de la dieta a base de quinua enriquecida con retinol tiene un efecto significativo mayor ( $P = 0.00106$ ) que cuando se aplica solamente una dieta a base de quinua, con una diferencia en la concentración de hemoglobina sérica de 2.01 g/dL<sup>(22)</sup>.



### 2.1.3 A nivel local.

Los estudios realizados en nuestra localidad en animales de investigación no abordan estudios relacionados con Anemia, por ende, no contamos con antecedentes para nuestra investigación.

## 2.2 MARCO TEÓRICO.

### 2.2.1 Consumo de producto lácteo.

El valor nutritivo de la dieta que consume una persona depende de la mezcla total de alimentos incluidos y también de las necesidades nutricionales de cada persona o individuo. Es por eso de suma importancia conocer las características del individuo que está consumiendo la dieta o para el que va dirigida la dieta que se está programando (sexo, edad, peso, actividad física), pues estas características determinan las necesidades nutricionales que serán nuestros estándares de referencia para evaluar una dieta<sup>(23)</sup>.

#### Tabla 01.

*Adecuación de nutrientes*

Adecuación de Nutrientes	
Exceso	>110 %
Adecuado	90-110 %
Deficiente	70 -90 %

Fuente: Carbajal Juan, Calidad Nutricional de la Dieta (2009)

### 2.2.2 Producto lácteo.

El producto lácteo es un producto obtenido mediante cualquier elaboración de la leche, que puede contener aditivos alimentarios y otros ingredientes funcionalmente necesarios para la elaboración<sup>(24)</sup>.



El producto lácteo se define como productos derivados exclusivamente de la leche, pudiendo añadirse las sustancias necesarias para su fabricación, siempre que dichas sustancias no se utilicen para sustituir, enteramente o en parte, algún componente de la leche<sup>(24)</sup>.

### **2.2.2.1 Determinación de la composición química.**

#### **a. Determinación de hidratos de carbono.**

Normalmente, cuando se hace un análisis de principios inmediatos se determina: humedad, proteína bruta, lípidos (grasa bruta) y cenizas. Los hidratos de carbono normalmente se dan por diferencia, restando de 100 los demás componentes<sup>(25)</sup>.

#### **b. Determinación de proteínas totales.**

El método se basa en la determinación de la cantidad de nitrógeno orgánico contenido en productos alimentarios, compromete dos pasos:

- La descomposición de la materia orgánica bajo calentamiento en presencia de ácido sulfúrico concentrado.
- El registro de la cantidad de amoníaco obtenida de la muestra

Durante el proceso de descomposición ocurre la deshidratación y carbonización de la materia orgánica combinada con la oxidación de carbono a dióxido de carbono. El nitrógeno orgánico es transformado a amoníaco que se retiene en la disolución como sulfato de amonio. La recuperación del nitrógeno y velocidad del proceso pueden ser incrementados adicionando sales que abaten la temperatura de descomposición (sulfato de potasio) o por la adición de oxidantes



(peróxido de hidrógeno, tetracloruro, persulfatos o ácido crómico) y por la adición de un catalizador<sup>(25)</sup>.

**c. Determinación de grasa.**

El contenido total de lípidos se determina comúnmente por métodos de extracción con disolventes orgánicos (por ejemplo, Soxhlet, Goldfish, Mojonier), sin embargo, también puede cuantificarse por métodos de extracción que no incluyen disolventes (por ejemplo, Babcock, Gerber). Es una extracción semicontinua con un disolvente orgánico<sup>(25)</sup>.

**d. Determinación de fibra cruda.**

Fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas<sup>(25)</sup>.

**e. Determinación de humedad.**

Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización, contienen agua en mayor o menor proporción. Las cifras de contenido en agua varían entre un 60 y un 95% en los alimentos naturales. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existe en dos formas generales: “agua libre” Y “agua ligada”. El agua libre o absorbida, que es la forma predominante, se libera con gran facilidad. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales<sup>(25)</sup>.



#### **f. Determinación de cenizas.**

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes<sup>(25)</sup>.

#### **g. Determinación de hierro.**

Esta técnica está basada en el fenómeno de absorción de la luz de determinadas longitudes de onda por parte de átomos vaporizados en estado de reposo. Las bandas de absorción son muy estrechas, por lo cual el espectro total de absorción de un átomo se define como espectro de líneas. El elemento en estudio es situado en una llama, donde es disociado de sus enlaces químicos y, por ganancia de electrones, se sitúa en un estado atómico base neutra no excitada ni ionizada. La sensibilidad de los métodos atómicos está dentro de los límites de partes por millón a partes por mil millones, partes por billón (ppb)<sup>(25)</sup>.

### **2.2.3 Granos andinos**

#### **2.2.3.1 Quinua (*Chenopodium quinoa* Wild)**

La quinua es una planta herbácea originaria de la región andina por los alrededores del lago Titicaca entre Perú y Bolivia<sup>(26)</sup>, se cultiva desde el nivel del mar hasta los 3900 metros de altitud, la quinua está presente en 18 de las 25 regiones del Perú, principalmente en la Sierra y la Costa, existiendo en la zona andina por lo menos cinco centros de concentración: el Callejón de Huaylas, Junín, Ayacucho, Cusco y el Altiplano de Puno<sup>(27)</sup>. Es considerada como el alimento completo en



cuanto a los aminoácidos esenciales que requiere el ser humano como la lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, y valina; a su vez posee oligoelementos y vitaminas del complejo B (tiamina, riboflabina), vitamina C y E, algunos minerales como potasio, fosforo, etc<sup>(26)</sup>.

La quinua se caracteriza por presentar una composición balanceada; es rica en proteínas, fibra, vitaminas, minerales y antioxidante, por lo que puede ser incorporada en la formulación de producto lácteo a fin de incrementar el valor nutricional de la alimentación diaria<sup>(28)</sup>.

Lo que lo caracteriza es su elevado valor proteico, donde la calidad de las proteínas es mayor que el resto de pseudocereales, fluctuando entre 12.5% y 16.7%. el 37% de las proteínas que posee la quinua está formado por aminoácidos esenciales, estos no lo producen nuestro organismo<sup>(29)</sup>.



**Tabla 02.***Composición química de las diferentes variedades de quinua.*

<b>Variedad de quinua</b>	<b>Blanca (J)</b>	<b>Blanca (P)</b>	<b>Dulce blanca (J)</b>	<b>Dulce blanca (P)</b>	<b>Dulce rosada (J)</b>
Energía	334	355	361	349	360
Proteína	12.5	13.3	11.1	11.6	12.3
Grasa	6.5	6.1	7.7	5.3	7.2
Carbohidratos	66	67.1	67.4	68.9	67.1
Fibra	10	5.9	5.9	5.9	5.9
Fósforo	85	120	93	115	80
Zinc	155	165	355	226	344
Hierro	3.54	2.5	3.3	3.3	3.3
Vitamina A	3.03	4.31	4.3	5.3	4.3
Riboflabina	0.4	0.4	0.59	0.73	1
Niacina	0.77	0.24	0.3	0.21	0.3
Vitamina C		1.8	1.23	1.09	1.23
Ácido Fólico	0	0	2.2	1.1	1.1
Sodio	30	30	30	30	30
Potasio	776	776	776	776	776

Fuente: Tablas peruanas de composición de alimentos (2017)<sup>(30)</sup>.

### 2.2.3.2 Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

La Cañihua es un grano andino muy nutritivo que se llega a desarrollar hasta en alturas de 4200 msnm, debido a su buena resistencia a las bajas temperaturas.

“El grano no contiene saponina, y es de 1.0 a 1.2 mm de diámetro<sup>(29)</sup>.”

Caracterizado por su alto valor proteico (entre 15 y 19%), son principalmente del tipo albumina y globulina, el cual puede aprovecharse en las dietas escasas de carne, así mismo posee un balance de aminoácidos muy buena, particularmente Enriquecido con lisina (que es primordial para el desarrollo de las células cerebrales), isoleucina y triptófano. Contiene a su vez vitamina E y complejo B, sus



granos están libres de gluten, sin embargo, la composición química se ve afectado por distintos factores: variabilidad genética, edad de maduración de la planta, localización, cultivo y fertilidad del suelo<sup>(31)</sup>.

**Tabla 03.**

*Composición química de las diferentes variedades de cañihua.*

Composición química de diferentes variedades de cañihua					
Variedad de cañihua	Roja	Blanca	Amarilla	Gris	Parda
Energía	381	382	381	356	355
Proteínas	15.4	15.4	15.7	14	13.8
Grasa	7.5	7.7	7.5	4.5	3.5
Carbohidratos	62.7	62.5	62.5	64	66.2
Calcio			87	110	171
Fósforo			335	375	496
Hierro			10.8	13	15
Tiamina			0.62	0.47	0.57
Riboflabina			0.51	0.65	0.75
Niacina			1.2	1.13	1.56
Vitamina C			0.22	1.1	0

Fuente: Tablas peruanas de composición de alimentos 2017<sup>(30)</sup>.

**Tabla 04.***Composición aminoacídica de quinua y cañihua.*

Contenido de aminoácidos en los granos andinos (mg de aminoácido/16 g de nitrógeno)		
Aminoácido	Quinua	Cañihua
Ácido aspártico	7.8	7.9
Treonina	3.4	3.3
Serina	3.9	3.9
Ácido glutámico	13.2	13.6
Prolina	3.4	3.2
Glicina	5	5.2
Alanina	4.1	4.1
Valina	4.2	4.2
Isoleucina	3.4	3.4
Leucina	6.1	6.1
Tirosina	2.5	2.3
Fenilalanina	3.7	3.7
Lisina	5.6	5.3
Histidina	2.7	2.7
Arginina	8.1	8.3
Metiónina	3.1	3
Cistina	1.7	1.6
Triptófano	1.1	0.9
% de N en el grano	2.05	2.51
% de proteína	12.8	15.7

Fuente: Valor nutricional y usos de los cultivos andinos quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* A.). (1992)<sup>(32)</sup>.



#### 2.2.4 Enriquecimiento.

El enriquecimiento de los alimentos con diversos micronutrientes es un método tecnológico programado y económicamente eficaz para incrementar la ingesta de micronutrientes en la población<sup>(33-35)</sup>. Esta estrategia ha jugado un papel en la mejora de la salud nutricional y bienestar de las poblaciones en los en los países industrializados. El enriquecimiento fue utilizado en situaciones específicas para prevenir ciertas enfermedades como la anemia con los cereales enriquecidos con ácido fólico<sup>(36)</sup>.

Según el Codex Alimentarius el enriquecimiento se define como la adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento, este presente o no de forma natural en dicho alimento, con el propósito de prevenir o corregir una demostrada deficiencia de uno o más nutrientes en la población o grupos de la población específica, cuyas pautas para enriquecer de forma adecuada un alimento están bien establecidas<sup>(37)</sup>.

El enriquecimiento de los alimentos con compuestos de hierro está considerado como el mejor planteamiento a largo plazo para prevenir la anemia, sin embargo, existen muchas dificultades cuando se quiere enriquecer la dieta con hierro, la ausencia de una estrategia de enriquecimiento que sea viable a escala mundial, los programas de enriquecimiento deben ser desarrolladas específicamente según cada país o región teniendo en cuenta los hábitos dietéticos de los grupos o poblaciones seleccionadas, seguidamente es importante determinar el tipo de compuesto de hierro más adecuado, a su vez evaluar la aceptabilidad dentro de la población, por último se debe determinar su absorción y efecto sobre el estado nutricional en un estudio de largo plazo<sup>(38)</sup>.



## **Existen tres etapas en el enriquecimiento de alimentos.**

**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<sup>(39)</sup>.

**Optimización de la absorción de hierro.** Esto con la finalidad de satisfacer las necesidades nutricionales de la población<sup>(39)</sup>.

**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<sup>(39)</sup>.

### **2.2.4.1 Compuestos de hierro a ser utilizados.**

Se subdividen en dos categorías de compuestos de hierro:

Compuestos de hierro inorgánico. Se clasifican en solubles en agua, poco solubles en agua /solubles en soluciones acidas e insolubles en agua/ poco solubles en soluciones acidas.

#### **a) 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<sup>(40)</sup>.

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<sup>(40)</sup>.

**b) 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<sup>(40)</sup>.

**c) 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<sup>(40)</sup>.



**d) Compuestos de hierro protegido.**

– **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<sup>(40)</sup>.

– **Compuestos microencapsulados.**

El sulfato ferroso microencapsulado y el fumarato ferroso microencapsulado 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. El sulfato ferroso encapsulado podría ser útil ya que previene la oxidación, sin embargo, la capsula se disuelve o se derrite con el calor, lo cual conduce a reacciones en el color de alimentos complementarios hechos a base de cereales. El costo del sulfato ferroso encapsulado es tres a cuatro veces del sulfato ferroso, recientemente se ha demostrado que es sumamente eficaz para mejorar los niveles de hierro en los niños<sup>(40)</sup>.



### **2.2.5 Microencapsulación.**

La microencapsulación es definida como una tecnología de empaquetamiento de materiales sólidos, líquidos o gaseosos. Las microcápsulas están conformadas por una membrana polimérica porosa, semi – permeable, esférica, delgada y fuerte, contenedora de una sustancia activa. Los materiales que se utilizan para el encapsulamiento pueden ser gelatina, grasas, aceites, goma arábica, 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<sup>(41)</sup>.

El hierro encapsulado es un descubrimiento con un enorme potencial, porque puede añadirse a una amplia gama de productos, entre ellos se encuentran alimentos ricos en grasa, como el yogurt o la leche sin causar oxidación. Es resistente a altas temperaturas, puede agregarse a cualquier formulación independiente de su pH, esto permite fortificar el 100% de la cantidad de hierro recomendado diariamente<sup>(42)</sup>.

El proceso de encapsulación ofrece la modificación de las propiedades de las microcápsulas para que se adopte mejor a su propósito. Esta flexibilidad hace posible el control de la liberación y la estabilidad de las microcápsulas<sup>(42)</sup>.

#### **2.5.1.1 Métodos de encapsulación de hierro.**

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

Implica la pulverización de una solución que contiene hierro como material núcleo y algún material encapsulante como material muralla. 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 estas dispersiones, obteniéndose un material en forma de polvo formado por millones de micro – partículas cuyo tamaño puede variar de 10 a 400  $\mu\text{m}$ . Este método de encapsulación es uno de los más utilizados en la industria alimentaria debido a su alto rendimiento, bajo costo y ventajas de almacenamiento. Sin embargo, no es el más usado para la encapsulación de hierro debido a que los materiales encapsulantes que permite 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 alimentos líquidos o suplementación oral<sup>(43)</sup>.

#### **b. Entrampamiento en liposomas.**

Consiste en elaborar emulsiones y/o vesículas compuestas de lípidos que encapsulan el hierro por varios métodos, sin embargo, el más aplicable es la rota – evaporación. Este método consiste en elaborar mezclas lipídicas 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  $\mu\text{m}$ <sup>(43)</sup>.



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 en este método debe ser 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<sup>(43)</sup>.

### **c. Gelación iónica.**

Consiste 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. 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 atomizador, se goteen las dispersiones en la solución gelificante formando perlas de distintos tamaños dependiendo del instrumento usado, desde 200 a 500  $\mu\text{m}$ . Con esta técnica se ha logrado encapsular eficientemente hierro hemo proveniente de eritrocitos bovinos, también diferentes tipos de hierro no hemo<sup>(43)</sup>.

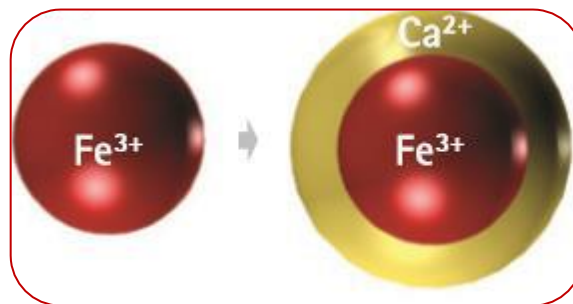
También es posible agregar el hierro en la solución gelificante cuando las sales de hierro presentan incompatibilidad electrolítica para formar perlas por el método convencional. Este método de encapsulación es bastante prometedor para la suplementación de hierro oral, porque el alginato de sodio es un material que

libera una baja concentración de hierro encapsulado a nivel gástrico, y a nivel intestinal la liberación es controlado en el tiempo, y se produce una liberación casi completa después de 3 horas de digestión<sup>(43)</sup>.

### 2.5.1.2 Fases de microencapsulación

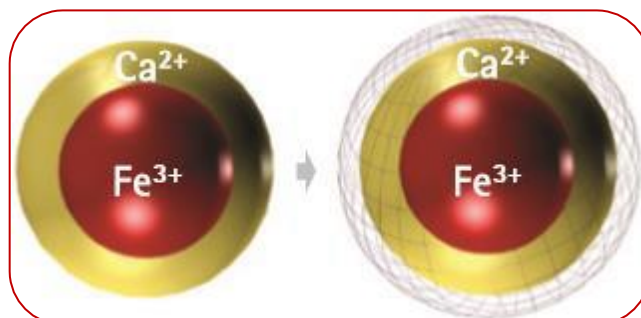
#### Fase 1. Estabilidad:

La evasión de hierro se impide mediante encapsulación por el calcio, lo que minimiza el contacto del hierro con el medio exterior.



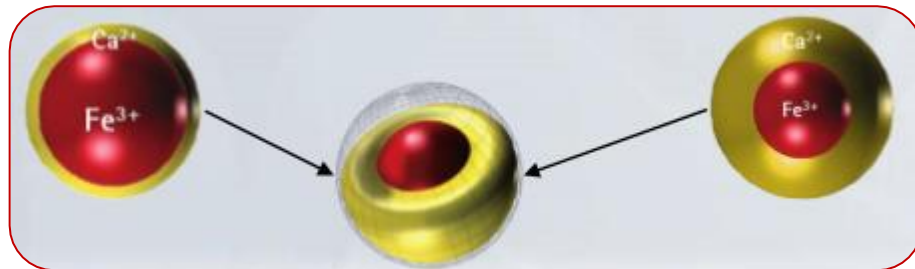
#### Fase 2. Eficiencia:

Los moduladores de liberación aumentan la eficiencia del transporte de las microcápsulas.



Microcápsulas de alginato que contienen hierro, cubiertos con calcio.

- El calcio muestra una interacción más fuerte, la estabilización y la protección de microcápsulas.
- El hierro muestra una interacción más débil, lo que facilita la salida de hierro una vez que la capa de calcio se ha disuelto.



El balance de hierro y calcio se puede ajustar para proporcionar la liberación, control y estabilidad<sup>(42)</sup>.

### 2.5.1.3 Absorción de hierro.

El hierro microencapsulado admite la fortificación sin cambiar de aspecto, sabor y palatabilidad de los alimentos, es constante en altas presiones y temperaturas, se conserva íntegro en el proceso. Además, es altamente biodisponible, como lo demuestra en estudios clínicos. El hierro encapsulado proporciona estabilidad en la liberación del hierro en la matriz alimentaria<sup>(44)</sup>.

La buena estabilidad del hierro encapsulado se consigue gracias a la capa de calcio. Cuando esta interacción de calcio – polímero se desestabiliza en el intestino (pH básico, las sales biliares), la carga útil de hierro se libera de las microcápsulas y puede ser absorbido<sup>(42)</sup>.

El pH ácido en el estómago no consigue destruir esta capsula por lo que el hierro continúa su trayecto encapsulado hasta llegar a su objetivo que es el intestino,



de esta forma se evita los ardores en el estómago o náuseas de las sales de hierro habituales. El pH básico y la elevada concentración de sodio presentes en las sales biliares del intestino consiguen finalmente erosionar la capsula y liberar su contenido. En la pared intestinal, una enzima se encarga de reducir el hierro férrico en hierro ferroso, que es absorbido finalmente por el intestino, gracias por una proteína transportadora de metales divalentes<sup>(45)</sup>.

Los ensayos clínicos en humanos han demostrado que el hierro que contiene estas microcápsulas se absorbe bien a nivel intestinal<sup>(45)</sup>.

La matriz de encapsulación (lípidos de soja hidrogenado) puede tener algún efecto sobre las propiedades de disolución del fumarato ferroso; en un estudio actual, los bebés estaban anémicos, lo que sugiere un mayor potencial de absorción<sup>(46)</sup>. Sin embargo, utilizando los datos de Davidsson et al. en los algoritmos, que se estimaron que la absorción de hierro microencapsulado agregado al cereal está en el rango de 2 a 8%<sup>(47)</sup>.

En otro estudio se consideraron tres grupos de infantes con diferentes diagnósticos; un grupo con deficiencia de hierro donde la absorción de fumarato ferroso microencapsulado fue de 4.48% (rango 1.1 – 10.6%), en otro grupo de infantes con anemia por deficiencia de hierro la absorción fue 4.65% (rango 1.5 – 12.3%)<sup>(48)</sup>.

### **2.2.6 Ratas cepa Wistar (*Rattus Norvegicus*).**

Es un roedor cuyo ancestro es la rata gris o noruega. Esta rata es originaria de las regiones templadas de Asia y debido a su cercana asociación con el hombre, se ha extendido por todo el mundo. A su vez fue el primero en ser domesticado para fines



de estudios científicos. Su empleo en la investigación fue aumentando debido a su tamaño pequeño, ciclo de vida, y periodo de gestación corta, facilidad de manejo, resistencia a enfermedades e indicado como modelo para una amplia gama de procesos experimentales. Los primeros usos de la rata fueron en las áreas de nutrición, endocrinología y fisiología, otros como oncología, artritis, embriología y estudios de regeneración neuronal<sup>(49)</sup>.

#### **2.6.1.1 Taxonomía.**

- Reino: Animalia.
- Filo: Chordata.
- Clase: Mammalia.
- Orden: Rodentia.
- Familia: Muridae.
- Subfamilia: Murinae.
- Suborden: Myomorpha.
- Género: Rattus.
- Especie: Rattus norvegicus.

#### **2.6.1.2 Variedades de cepa.**

- Cepa Sprague – Dawley: se distinguen por tener una cabeza larga y patas angostas. De temperamento calmado y de fácil manejo. Son resistentes a las infecciones, con una tasa de reproducción alta<sup>(49)</sup>.



- Cepa Wistar: es una variedad moderadamente prolífica, resistente a infecciones y de poca incidencia de tumores espontáneos. Su cabeza es ancha, sobre todo en el macho, y la longitud de su cola es menor a la longitud de su cuerpo<sup>(49)</sup>.
- Cepa Long – Evans: es una rata pequeña en comparación a otras cepas. Se distingue por presentar una mancha negra sobre la cabeza, y otra en la región dorsal del cuello continuando con una línea negra que recorre el lomo. Son considerados inteligentes, característica para estudios de comportamiento<sup>(49)</sup>.

### 2.6.1.3 Descripción morfológica.

#### a) Características anatómicas relevantes.

Su esqueleto es muy semejante a los otros animales cuadrúpedos, teniendo una fórmula vertebral de cervicales = 7, diafragmáticas = 13, lumbares = 6, sacras = 4, coccígeas = 27 – 30. Los machos presentan un periodo mayor de crecimiento y la osificación de los huesos largos no es completa hasta el segundo año de vida, sin embargo, las ratas maduran en los primeros meses. Cuentan con eficaces músculos mandibulares, la sínfisis articular, le permite sus hábitos omnívoros y habilidad para roer. Por sus hábitos nocturnos, el mayor consumo de alimento se realiza durante la noche (75% del consumo diario)<sup>(49)</sup>.

Su sistema digestivo se caracteriza por no tener vesícula biliar y un páncreas difuso. El ciego está muy desarrollado y tiene una función similar al rumen en la digestión microbiana de la celulosa. Con respecto a la conducta, son animales menos fotofóbicos y menos gregarios<sup>(49)</sup>.

### b) Constantes fisiológicas.

Las funciones vitales de la rata son parámetros o valores preestablecidos, que son considerados en el animal vivo y que se encuentran relacionados con el bienestar del animal, una frecuencia cardiaca de 250 – 600 latidos por minuto, frecuencia respiratoria de 33 – 127 respiraciones por minuto, temperatura corporal de 35.9 – 38.2°C<sup>(50)</sup>.

### c) Espacio.

El espacio recomendado para una rata depende de su peso, el cuadro muestra el espacio mínimo para ratas<sup>(51)</sup>.

**Tabla 05.**

*Espacios mínimos de jaulas y cajas para la rata de bioterio.*

Peso en gramos	Área del piso/animal en cm <sup>2</sup>	Altura en cm del piso al techo/jaula
100	110	18
100 – 300	187	20
300 – 400	258	20
400 – 500	387	20
> 500	452	20

Fuente: Especificaciones técnica para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (1999).

#### 2.6.1.4 Manejo nutricional.

El alimento suministrado a las ratas es libre de aditivos, drogas, hormonas, antibióticos, pesticidas y contaminantes, está dentro de su periodo de caducidad y almacenado en cuartos desinfectados, secos y ventilados, sobre tarimas o en contenedores<sup>(51)</sup>.



La dieta recomendada para la rata es alimento para roedores de laboratorio con requerimientos según especie específico. El consumo de alimento es de 10 – 20 g por día. El consumo de agua es de 20 – 45 ml por día, con una distribución de proteína cruda de 12 – 24%, grasa cruda de 4 – 11%<sup>(51)</sup>.

**a) Requerimientos de minerales y vitaminas, en la dieta de la rata.**

**Tabla 06.**

*Requerimiento de energía y macronutrientes.*

Macronutrientes	Requerimiento diario
Energía	117 Kcal/Kg <sup>0.75</sup> <sup>(52)</sup>
Carbohidratos	75.9%
Proteína	14.1%
Grasa	10.0%

Fuente: Nutrient Requirements of Laboratory Animals (1995).

**Tabla 07.**

*Requerimiento de aminoácidos.*

Aminoácido	Requerimiento diario
Histidina	23.5 mg/Kg <sup>0.75</sup>
Isoleucina	90.4 mg/Kg <sup>0.75</sup>
Leucina	53.1 mg/Kg <sup>0.75</sup>
Lisina	32.2 mg/Kg <sup>0.75</sup>
Metionina	67.2 mg/Kg <sup>0.75</sup>
Fenilalanina	54.5 mg/Kg <sup>0.75</sup>
Treonina	53.1 mg/Kg <sup>0.75</sup>
Triptófano	15.6 mg/Kg <sup>0.75</sup>
Valina	67.1 mg/Kg <sup>0.75</sup>

Fuente: Nutrient Requirements of Laboratory Animals (1995).

**Tabla 08.***Requerimiento de micronutrientes y vitaminas.*

Micronutriente/Vitamina	Requerimiento diario
Calcio:	40 – 50 mg.
Fosforo:	35 – 45 mg.
Potasio:	machos = 15 mg, hembras = 8 mg.
Sodio:	0.5% de sodio.
Cloro:	5 mg.
Hierro:	0.25 mg.
Cobre:	0.10 mg.
Yodo:	1 – 2 ucg.
Zinc:	40 ucg.
Cobalto:	0.4 ucg.
Aluminio:	1 ucg.
Arsénico:	2 ucg.
Boro:	0.8 ucg.
Vitamina A:	4 ucg.
Tiamina:	10 mcg.
Riboflabina:	120 ucg.
Piridoxina:	10 ucg.
Vitamina E:	1 mg.

**b) Dieta comercial.**

Se formulan la dieta comercial con alimentos procesados, como granos de trigo, soja y harina de pez. Esas dietas son ampliamente utilizadas porque son más económicas, tienen gran durabilidad y son bien aceptada por los animales. Por eso, como la dieta es fabricada con ingredientes naturales, así mismo la dieta siendo de la misma marca, nunca siempre ella posee la misma composición de nutrientes, llevando a consideración que puede haber variaciones en relación a la especie, número y calidad de los ingredientes utilizados.



Un factor que restringe la utilización de este tipo de dieta en investigaciones de nutrición experimental es el hecho de que no es posible hacer la alteración de apenas un nutriente en la dieta.

**c) Dieta purificada.**

Las dietas purificadas son formuladas con una combinación de ingredientes, extraídos de alimentos, por los tipos de ingredientes utilizados, esa dieta tiene su composición conocida y bien establecida.

Las variaciones entre fabricaciones de este tipo de dieta son mínimas, ya que la padronización de la dieta es posible por el hecho de ser utilizados algunos ingredientes refinados. Al corto plazo, las dietas purificadas son muy bien aceptadas, por eso, son pocos estudios que evalúan la repercusión de la dieta purificada a largo plazo. Más allá de eso, las dietas purificadas son pasibles de alteraciones en fuentes alimentarias para situaciones en que hay necesidad de estudio de algún ingrediente alimentario específico.

**2.6.1.5 Estado basal de nutrición de hierro en ratas.**

La deficiencia de hierro se puede clasificar en tres etapas según su severidad:

- a) **Depleción.** En esta primera etapa los depósitos de hierro se agotan, observándose una disminución de la ferritina sérica<sup>(54)</sup>.
- b) **Deficiencia.** La segunda etapa se caracteriza por la disminución de las reservas de hierro y por la alteración de los biomarcadores del estado de nutrición de él, como la reducción de la producción de proteínas hierro dependientes. En esta etapa el hierro de transporte se reduce y, por ende,



también lo hace el suministro de este mineral a las células, lo que se manifiestan con un bajo nivel de hierro sérico y saturación de la transferrina, un aumento de la capacidad total de fijación del hierro, concentración de zinc y protoporfina eritrocitaria<sup>(54)</sup>.

- c) **Anemia.** Es la forma más severa de deficiencia y se caracteriza por la disminución de las reservas de hierro, más la reducción de la hemoglobina y la alteración de otros indicadores del estado de nutrición de hierro, además de observar comúnmente la disminución del volumen corpuscular medio y número de eritrocitos, debido a un suministro insuficiente de hierro para la elaboración de estos<sup>(54)</sup>.

#### **2.6.1.6 Toxicidad de fumarato ferroso microencapsulado 60%**

La aparición de severos efectos adversos, signos, síntomas y efectos tóxicos que se manifiestan en segundos, minutos, horas o días (14 días máximo), tras la administración por vía oral o cutánea una dosis elevada de sustancia, dosis múltiples administradas a lo largo de 24 horas (DL<sub>50</sub>) o inhalación durante cuatro horas (DL<sub>50</sub>). Se expresa en función a la DL<sub>50</sub> y puede manifestarse como desde una simple irritación o causar la muerte<sup>(55)</sup>.

La dosis letal media (DL<sub>50</sub>) es la dosis de sustancia que produce la muerte al 50% de animales de experimentación.

Según el reglamento N°453/2010 el fumarato ferroso microencapsulado JOSTCOTE 60%, la cual se usa como suplemento dietético tiene una DL<sub>50</sub> en ratas de 3850 mg/kg<sup>(56)</sup>.

**Tabla 09.**

*Escala de rangos, potencias o estimaciones de toxicidad aguda en función a la DL<sub>50</sub> de la sustancia.*

Rango	Denominación de la toxicidad	DL <sub>50</sub> rata, vía oral, dosis única	
		mg/Kg	g/Kg
1	Extremadamente tóxico	< 1	
2	Altamente tóxico	1.0 – 50	
3	Moderadamente tóxico	50 – 500	
4	Ligeramente tóxico	500 – 5000	0.5 – 5
5	Prácticamente no tóxico	5000 – 15000	5.0 – 15
6	Relativamente inocuo	> 15000	> 15

Fuente: Farmacología médica (2008).

#### 2.6.1.7 Parámetros Hematológicos

A continuación, en la tabla se muestra los valores de referencia en cuanto a hematocrito y hemoglobina para ratas Wistar.

**Tabla 10.**

*Hemograma de ratas Wistar machos y hembras de 6 a 34 semanas.*

Edad	6 - 8 semanas		19 -21 semanas		32 - 34 semanas	
Cantidad	170	170	30	29	15	15
Sexo	M	F	M	F	M	F
Ht (%)	36	38	41	40	42	40.7
Hb (g/dL.)	13.5	14.1	16	15.6	15.5	16.3

Fuente: Haematology and clinical chemistry values for Charles River Wister rats as a function of sex and age

(1982).

#### 2.6.1.8 Incremento de los niveles de hemoglobina.

**Incremento:** Cuando el valor numérico de hemoglobina al final de la suplementación es mayor a la inicial<sup>(58)</sup>.



**No incremento:** Cuando el valor numérico de hemoglobina al final de la suplementación es menor a la inicial<sup>(58)</sup>.

#### **2.6.1.9 Manejo sanitario:**

##### **a) Sanidad.**

Se entiende por sanidad el mantenimiento de las condiciones conductuales a la salud y comprende el cambio de cama, la limpieza y la desinfección. Se entiende por limpieza la eliminación de las cantidades excesivas de desperdicios y suciedad y por desinfección la reducción o eliminación de las concentraciones inaceptables de microorganismos<sup>(49)</sup>.

La cama sucia debe retirarse y reemplazarse por material limpio, se hace el cambio de cama dos veces por semana. La frecuencia de saneamiento de las jaulas y equipo auxiliar como bebederos y comederos, se debe hacer el lavado y desinfección de jaulas y equipos a mano con agua caliente y detergente, es de suma importancia asegurarse que las superficies sean enjuagadas y estén exentas de residuos químicos<sup>(49)</sup>.

##### **b) Limpieza y desinfección de los encierros secundarios.**

Comprende las instalaciones para animales, deben limpiarse regularmente y desinfectarse de acuerdo a las circunstancias o con una frecuencia basada en el uso del área y en la naturaleza de una posible contaminación<sup>(49)</sup>.



### c) Sujeción

Sujeción a. se sujeta al animal por la región media de la cola, situando con la otra mano entre los dedos índice y medio de la región del cuello, y se abraza al animal con los dedos pulgar, anular y meñique<sup>(49)</sup>.

Sujeción b. se sujeta al animal situando los dedos índice y pulgar del manipulador en la región del cuello, inmediatamente por detrás de las mandíbulas de la misma, y se abraza con los otros dedos el cuerpo del animal<sup>(49)</sup>.

Sujeción c. colocar toallas de tamaño apropiado sobre la cabeza es especialmente eficaz a los roedores que no son cooperadores<sup>(49)</sup>.

### d) Toma de muestra.

Para la toma de muestra de sangre en la rata, la técnica será elegida con base en: el volumen de sangre requerido, la frecuencia de la toma, el posible uso de agentes anestésicos, el efecto de la toma de la muestra en los parámetros a evaluar y finalmente, el destino de uso para saber si la muestra tiene que ser tomada asépticamente<sup>(49)</sup>.

El uso de anestésicos para la toma de muestras puede modificar el balance ácido – base, la concentración de la hemoglobina, el volumen de células plaquetarias, las proteínas plasmáticas y los niveles de calcio y magnesio<sup>(49)</sup>.

– Punción cardiaca. Es el método más empleado para la muestra de sangre.

Para realizar esta técnica es necesario que el animal este anestesiado, se le coloca decúbito lateral izquierdo; sobre la cavidad torácica se localiza el extremo terminal del esternón y las costillas del lado izquierdo,



aproximadamente entre la cuarta y quinta o en la quinta y sexta costilla percibir la región de máximo latido cardiaco. Se limpia la zona con alcohol al 70% y algodón. Se introduce una aguja calibre 25 x 16, embronada a la jeringa, comprobando previamente su funcionamiento, siguiendo una trayectoria perpendicular al tórax se introduce la aguja totalmente en la zona de mayor pulsación. Al soltar la jeringa deben apreciarse los movimientos característicos del latido cardiaco. A través de la misma, se desplaza el embolo lentamente y se llena de sangre. Se retira la jeringa con movimiento rápido, y se oprime levemente la piel. Se debe dejar que el animal se recupere de la anestesia<sup>(49)</sup>.

- Punción de la vena de la cola. Se envuelve el cuerpo de la rata con una franela y se deja la cola al descubierto. Se coloca el animal en posición lateral, se localiza la vena coccígea y se punciona, el embolo de la jeringa se jala suavemente para evitar que se colapse la vena<sup>(49)</sup>.
- Punción del seno orbital. Se utiliza para obtención de muestras repetidas de pequeños volúmenes de sangre alterando los ojos. Una vez bien sujeto el animal, se introduce el tubo capilar con anticoagulante en el saco conjuntival inferior, el capilar debe pasar por abajo del tercer parpado hacia el seno conjuntival. Se gira haciendo presión en un ángulo de 45° produciendo una hemorragia profusa. La sangre sube por capilaridad en el tubo<sup>(49)</sup>.





## **2.3 MARCO CONCEPTUAL.**

### **2.3.1 Producto lácteo.**

Las Producto Lácteo es un producto obtenido mediante cualquier elaboración de la leche, que puede contener aditivos alimentarios y otros ingredientes funcionalmente necesarios para la elaboración<sup>(24)</sup>.

### **2.3.2 Hemoglobina.**

Es una proteína compleja constituida por un grupo hem que contiene hierro y le da el color rojo al eritrocito, y una porción proteínica, la globina<sup>(59)</sup>. La hemoglobina es la principal proteína de transporte de oxígeno en el organismo<sup>(60)</sup>.

### **2.3.3 Microencapsulación.**

Es un proceso de encapsulación por el cual los sólidos, líquidos o incluso gases pueden ser encerrados en partículas microscópicas por formación de revestimientos de material de pared alrededor de un material de núcleo. Es una técnica aplicado para preservar y proteger numerosos ingredientes<sup>(61)</sup>.

Es un proceso mediante el cual ciertas sustancias bioactivas son introducidas en una matriz o sistema polimérico matricial con el objetivo de impedir su pérdida, protegerlos de la reacción con otros compuestos presentes o impedir que sufran reacciones de oxidación<sup>(62)</sup>.



### 2.3.4 Efectividad.

- 3 La efectividad “es hacer las cosas que se deben hacer”, logrando el cumplimiento de los objetivos trascendentes planteados lo cual es el resultado de la eficacia y la eficiencia<sup>(63-65)</sup>.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

**Correlacional:** Se relaciona el consumo de producto lácteo con el incremento del nivel de hemoglobina.

**Cuasi - experimental:** Los datos obtenidos mediante la observación de fenómenos en la cual manipulamos la variable (consumo de producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado) para esperar una respuesta sobre la otra variable (incremento de los niveles de hemoglobina).

**Prospectivo:** Estudiaremos las variables a lo largo de un tiempo determinado.

**Comparativo:** Se llevará la comparación de hierro consumido dentro de los dos grupos (grupo control y grupo experimental).

#### 3.2 ÁMBITO DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Puno, específicamente en el Bioterio de la Escuela Profesional de Nutrición Humana, perteneciente a la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

#### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Se utilizaron un total de 12 ratas albinas de investigación de la cepa Wistar (6 machos y 6 hembras), con una edad promedio de 2 meses y medio provenientes de la Universidad Católica Santa María de la ciudad de Arequipa.

### 3.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

#### Criterios de inclusión:

- Ratas albinas de la cepa Wistar con una edad de 2 meses y medio de vida.
- Ratas albinas exclusivamente perteneciente a la cepa Wistar.

#### Criterios de exclusión:

- Ratas albinas de la cepa Wistar con una edad menores de 2 meses y medio de vida establecida.
- Ratas albinas de la cepa Wistar que hayan participado en otros estudios de investigación.
- Ratas albinas de la cepa Wistar con alguna patología gastrointestinal.

### 3.5 VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE: Consumo de producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado.	Adecuación del consumo de hierro microencapsulado del producto lácteo enriquecido.	Adecuado: 90 - 110 % Deficiente: < 90 %
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE DEPENDIENTE: Incremento de los niveles de hemoglobina	Incremento en la concentración de los niveles de hemoglobina.	Sin incremento: > 0 gr/dL. Incremento bajo: 0.01 - 1gr/dL. Incremento medio: 1.1 - 2 g/dL. Incremento óptimo: > 2 gr/dL.



### **3.6 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MÉTODOS, TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.6.1. Periodo de depleción de los niveles de hemoglobina de las ratas albinas cepa Wistar.**

En este primer periodo las 12 ratas albinas cepa Wistar son alimentadas con una dieta deficitaria en hierro (Anexo 02), con el fin de disminuir las concentraciones de los niveles de hemoglobina.

**Método:** Dietético.

**Técnica:** Dieta deficitaria en hierro.

#### **Procedimiento de elaboración de la tortilla de verduras:**

- Se procedió a pelar, lavar la zanahoria y el tomate.
- Seguidamente se retiró las vainas de las arvejas para luego ser lavada.
- Posteriormente se lavó la col para seguidamente ser picada.
- Luego en un recipiente se retiró la clara de huevo de gallina.
- Después en una olla se puso a pre coccionar la zanahoria, arvejas y la col.
- Una vez precocinado las verduras, estas se mezclaron con la clara de huevo y la maicena.
- En una sartén se agregó una pequeña cantidad de aceite, seguidamente se agregó la mezcla homogénea para ser freído.
- Luego se guardó las tortillas de verduras en un taper hermético y es almacenado en la refrigeradora.



### **Procedimiento para brindar la tortilla de verduras a las ratas Wistar:**

- En un horno microondas se calentó la tortilla de verduras por 15 segundos.
- Seguidamente se pesó la cantidad de tortilla brindada y se registró en una base de datos.
- Posteriormente se le brindo la tortilla en los platos de las ratas Wistar.
- Por último, se verifico la cantidad consumida y se procedió a registrar en la base de datos.

### **Materiales:**

#### **Alimentos:**

- Huevo.
- Aceite.
- Col.
- Zanahoria.
- Tomate.
- Arveja.
- Maicena

#### **Equipos:**

- Sartén.
- Pocillos.
- Cuchillo.
- Tabla de picar.
- Pelador.
- Colador.



- Taper.
- Medidor de líquido.
- Cucharon.
- Jarra.
- Horno microondas.
- Refrigerador.
- Balanza.
- Espátula.
- Cocina a gas.
- Laptop para la base de datos (Excel).

**Útiles de limpieza:**

- Guantes de polipropileno estériles.
- Mandil.
- Gorra.
- Barbijo.
- Zapatos descartables.
- Detergente lavavajilla
- Campo.

**3.6.2. Periodo de repleción de los niveles de hemoglobina de las ratas albinas cepa Wistar.**

En este periodo las 12 ratas albinas cepa Wistar se subdividieron en tres grupos: un grupo control (4 ratas) la cual recibió una dieta control a base de trigo, cebada y maíz, el primer grupo experimental (4 ratas) recibió la dieta deficitaria en hierro



(Anexo 02) + el producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado (18 mg de hierro microencapsulado) y, el segundo grupo experimental (4 ratas) que recibió la dieta deficitaria en hierro (Anexo 02) + el producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado (35 mg de hierro microencapsulado), con el fin de incrementar las concentraciones de los niveles de hemoglobina.

### **3.6.2.1 Dieta del grupo control.**

**Método:** Dietético.

**Técnica:** Dieta control en hierro.

**Procedimiento:**

- Se procedió a pesar el maíz, trigo y cebada.
- Seguidamente se hizo una mezcla homogénea.
- Luego se registró la cantidad brindada en la base de datos (Excel).
- Se sirvió en el plato de las unidades del grupo control.
- Por último, se verifico la cantidad consumida del alimento y se registró en la base de datos en Excel (Anexo 1).

**Materiales:**

**Alimento:**

- Dieta control (maíz, trigo y cebada).

**Equipos:**

- Laptop para la base de datos (Excel).





- Platos.
- Pocillos.
- Cucharon.
- Jarra.
- Balanza dietética.

**Útiles de limpieza:**

- Guantes de polipropileno estériles.
- Mandil.
- Gorra.
- Barbijo.
- Zapatos descartables.
- Detergente lavavajilla.
- Campo.

**3.6.2.2 Dieta del grupo experimental.**

**Método:** Dietético.

**Técnica:** Dieta deficitaria en hierro + producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado.

**Procedimiento de elaboración de producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado:**

- Se pesó la harina del producto lácteo.
- Luego en una balanza analítica se pesó el hierro microencapsulado.



- Posteriormente en una jeringa se extrajo la cantidad necesaria de yogur para aglutinar la mezcla de la harina del producto lácteo.
- Después en un recipiente pequeño se mezcló el hierro microencapsulado, la harina de producto lácteo y el yogurt.
- Seguidamente se embolso en plástico de polipropileno y se procedió a sellarlo.
- Por último, se procedió a guardar en un taper hermético y se le puso a refrigeración.

**Procedimiento para brindar el producto lácteo enriquecido con granos Andinos y adición de hierro microencapsulado a las ratas Wistar:**

- Para suministrar el producto lácteo primero se calentó por 15 segundos en el horno microondas, para luego ser pesado el insumo en el plato y se registró la cantidad brindada en la base de datos.
- Por último, se verifico la cantidad consumida y se registró en la base de datos (Excel).

**Materiales:**

**Alimento:**

- Dieta deficitaria en hierro (huevo, aceite, col, zanahoria, tomate, arveja y maicena).
- Producto lácteo enriquecido con granos andinos y hierro microencapsulado



### **Equipos:**

- Laptop para la base de datos (Excel).
- Sartén.
- Pocillos.
- Cuchillo.
- Tabla de picar.
- Pelador.
- Colador.
- Taper.
- Medidor de líquido.
- Cucharon.
- Jarra.
- Horno microondas.
- Refrigerador.
- Balanza dietética.
- Balanza analítica.
- Espátula.
- Moldes.
- Cocina a gas.
- Termómetro.
- Cucharilla.
- Papel aluminio.
- Selladora.
- Bolsas de polipropileno



### **Útiles de limpieza:**

- Guantes de polipropileno estériles.
- Mandil.
- Gorra.
- Barbijo.
- Zapatos descartables.
- Detergente lavavajilla.
- Campo.

### **3.6.3. Obtención de la sangre.**

**Método:** Bioquímico (cianometahemoglobina).

**Técnica:** Biopsia de la cola.

#### **Procedimiento:**

- Se realizó la asepsia en el lugar de la punción con un algodón embebido en alcohol.
- Una vez localizada la vena lateral se hizo la punción con lanceta.
- Posteriormente se retiró la lanceta
- Luego se tomó la muestra de sangre en la microcubeta.
- Se observó que la microcubeta esté completa.
- Después se presionó la zona de punción por 30 segundos con algodón.
- Seguidamente se colocó la microcubeta en el hemoglobinómetro.
- Se liberó al animal de la inmovilización.



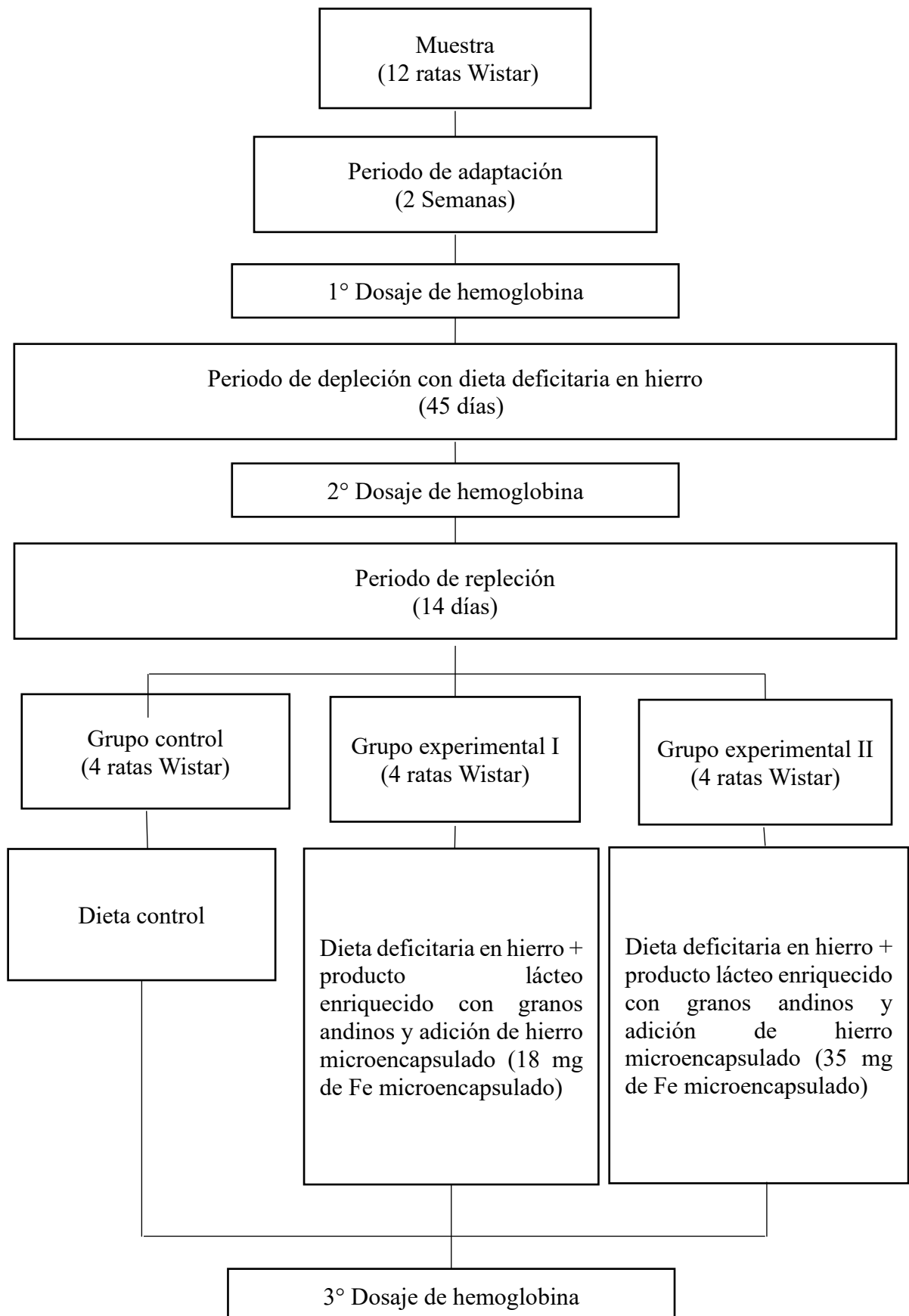
- Se hizo la lectura de la concentración de hemoglobina brindado por el hemoglobinómetro.
- Se registró en la base de datos (Excel).

**Materiales:**

**Equipos y materiales de bioseguridad:**

- Hemoglobinómetro.
- Lanceta.
- Microcubeta compatible con el hemoglobinómetro.
- Rata Wistar.
- Torundas de algodón.
- Alcohol.
- Papel absorbente recortado en rectángulos.
- Campo para el área de trabajo.
- Bolsa roja de bioseguridad para residuos sólidos biocontaminados.
- Recipiente rígido de plástico.
- Guante quirúrgico.
- Mandil.
- Gorra.
- Barbijo.
- Zapatos descartables.

### 3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL.





### **3.8 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO**

El análisis estadístico para determinar la efectividad se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y para determinar la relación se aplicó el Chi – cuadrado, con la finalidad de comparar las medidas de los tratamientos y así evaluar la hipótesis.

En todas las pruebas estadísticas se utilizó un intervalo de confianza del 95% y se consideró una diferencia estadística cuando se encontró una  $p < 0.05$ .

### **3.9 TÉCNICA DE PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO.**

Para procesar los datos obtenidos se utilizó el programa estadístico SPSS V. 22.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PRODUCTO LÁCTEO ENRIQUECIDO CON GRANOS ANDINOS.

**Tabla 11.**

*Composición química del producto lácteo enriquecido con granos andinos (quinua y cañihua).*

Nutriente	Por 100 g de muestra
Energía	389.11 kcal
Carbohidratos	73.37%
Proteína	12.23%
Grasa	5.19%
Fibra cruda	0.01%
Humedad	8.03%
Cenizas	1.18%
Hierro	0.005 mg

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 11 se observa que el producto lácteo enriquecido con granos andinos contiene una mayor cantidad de carbohidratos 69.9 gramos (**73.37%**), la concentración de proteína 11.6 gramos (**12.23%**), sin embargo, se tiene escasa concentración de fibra **0.01%**, así como también en hierro **0.005 mg**, lo cual no cumple con los requerimientos establecidos por la Universidad Autónoma Metropolitana – México, que indica una ingesta mínima de 0.25 mg de hierro elemental para la síntesis de hemoglobina.





Según Ayala (2015) el producto yogurt fortificado con vitamina A, ácido fólico, hierro y zinc presenta una composición química de 380.03 Kcal, 9.30 g de carbohidratos, 4.10 g de proteína, 1.50 g de grasa, sin presencia de fibra y 3.59 mg de hierro, todo en 100 gramos de alimento; de acuerdo a los resultados, el producto lácteo enriquecido con granos andinos y de nuestro estudio tuvo un aporte similar con respecto a las calorías, sin embargo se tiene una variación sustancial en cuanto a los carbohidratos, proteínas y contenido de hierro.

La diferencia de hierro que se presenta nuestro estudio y la de Ayala (2015) en cuanto a contenido de hierro, se debe principalmente porque nuestro producto lácteo se analizó sin la consideración del hierro microencapsulado.

#### 4.2 NIVELES DE HEMOGLOBINA EN RATAS WISTAR ANTES Y DESPUÉS DEL CONSUMO DEL PRODUCTO LÁCTEO ENRIQUECIDO CON GRANOS ANDINOS Y ADICIÓN DE HIERRO MICROENCAPSULADO.

**Tabla 12.**

*Niveles de hemoglobina en ratas Wistar antes y después del consumo del producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado – Puno, 2019 – 2020.*

Grupo	N° ratas	Niveles de hemoglobina	
		Antes del tratamiento	Después del tratamiento
		Prom. g/dL	Prom. g/Dl
Dieta control	4	15.95	16.4
Dieta deficitaria en hierro + producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado (18 mg Fe microencapsulado)	4	14.95	18.58
Dieta deficitaria en hierro + producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado (35 mg Fe microencapsulado)	4	13.95	16.58

Fuente: Elaboración Propia.



Los resultados de la tabla 12 muestran que, las concentraciones de hemoglobina antes del consumo de dieta control en el grupo control fueron de **15.95 g/dL**, y después del tratamiento fue de **16.4 g/dL**, en cuanto al primer grupo experimental los niveles de hemoglobina antes del consumo de producto lácteo fue de **14.95 g/dL** y después del tratamiento con el producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de 18 mg de hierro microencapsulado fue de **18.58 g/dL**, con respecto al segundo grupo experimental las unidades experimentales poseían al inicio de tratamiento **13.95 g/dL** en sus niveles de hemoglobina y posterior al tratamiento con producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de 35 mg de hierro microencapsulado fue de **16.58 g/dL**. de hemoglobina al cabo de 14 días. Con estos resultados podemos indicar que el grupo control tuvo un menor incremento en sus concentraciones de hemoglobina con **0.4 g/dL**, seguida por el segundo grupo experimental (**35 mg Fe microencapsulado**) que incremento en promedio **2.6 g/dL** y el primer grupo experimental (**18 mg Fe microencapsulado**) que tuvo el mayor incremento en las concentraciones de hemoglobina con **3.6 g/dL**.

Rocha (2016), reporta las concentraciones de hemoglobina para el grupo control las cuales fueron antes de brindar una dieta + sulfato ferroso en una concentración de 55.6 mg de Fe/kg de peso corporal un nivel de hemoglobina de 16.2 g/dL y que estos al concluir con la suplementación por 18 días las unidades experimentales incrementaron a 18.3 g/dL, por su parte el grupo con tratamiento 1 antes de la suplementación tuvo sus concentraciones de hemoglobina de 15.6 g/dL y después de ingerir su dieta + Fe no hem (54.1 mg de Fe/kg de peso corporal) por 18 días estos incrementaron a 19.3 g/dL, a su vez, el tratamiento 2 que recibió la misma dieta + Fe hem/Fe no hem (54.1 mg de Fe/kg de peso corporal), estos antes de la suplementación presentaban una concentración de 15.9g/dL, y que al transcurrir la suplementación por 18 días estos lograron incrementar a



18.7 g/dL, de acuerdo a los resultados obtenidos por Rocha (2016), el grupo control tuvo un menor incremento siendo 2.1 g/dL y que el tratamiento 1 tuvo el mayor incremento de sus concentraciones de hemoglobina alcanzando en promedio 4.3 g/dL.

A partir de los estudios mencionados y descritos podemos afirmar que la suplementación con los diferentes compuestos de hierro en unidades experimentales en estado de depleción o anemia logran incrementar los niveles de hemoglobina con las diferentes dosis de suplementación

### 4.3 RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO DE PRODUCTO LÁCTEO E INCREMENTO DE LOS NIVELES DE HEMOGLOBINA EN RATAS WISTAR.

**Tabla 13.**

*Relación entre el consumo de producto lácteo e incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 – 2020.*

Incremento de los niveles de hemoglobina	Consumo deficiente de dieta control		Consumo adecuado del producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado (18 mg Fe microencapsulado)		Consumo adecuado del producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado (35 mg Fe microencapsulado)	
	N°	%	N°	%	N°	%
	Sin incremento	1	25%	0	0%	0
Incremento bajo	2	50%	0	0%	0	0%
Incremento moderado	1	25%	0	0%	1	25%
Incremento óptimo	0	0%	4	100%	3	75%
Total	4	100%	4	100%	4	100%

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 13, se evidencia que el grupo control tuvo un deficiente consumo de la dieta teniendo 1 unidad sin incremento en sus niveles de hemoglobina, 2 unidades con un incremento bajo y otra unidad con incremento moderado, por otro lado los grupos experimentales tuvieron un adecuado consumo de producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado tanto con 18 mg Fe microencapsulado y 35 mg Fe microencapsulado, en estos dos grupos casi todas la



unidades presentaron tener un incremento óptimo a excepción de una unidad que tuvo un incremento moderado en el incremento de los niveles de hemoglobina, sin embargo, el análisis estadístico mediante la Prueba de Chi - cuadrado se obtiene una significancia de **0.062 ( $P > 0.05$ )**, lo que implica que conservemos la hipótesis nula, por lo tanto, se llega a la conclusión de que no existe una relación entre el consumo de producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado y el incremento de los niveles de hemoglobina en el presente estudio. Por otro lado, al no encontrar un estudio que evalué la relación entre consumo de hierro e incremento de los niveles de hemoglobina en unidades experimentales no se es posible contrastar nuestros resultados obtenidos en nuestra investigación.

#### 4.4 EFECTO DEL PRODUCTO LÁCTEO ENRIQUECIDO CON GRANOS ANDINOS Y ADICIÓN DE HIERRO MICROENCAPSULADO EN EL INCREMENTO DE LOS NIVELES DE HEMOGLOBINA EN RATAS WISTAR.

**Tabla 14.**

*Efecto del producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado en el incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar – Puno, 2019 – 2020.*

Grupo	N° ratas	Incremento de los niveles de hemoglobina.	
		Prom. g/dL	
Dieta control	4	0.45	
Dieta deficitaria en hierro + producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado (18 mg Fe microencapsulado)	4	3.63	
Dieta deficitaria en hierro + producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado (35 mg Fe microencapsulado)	4	2.63	

Fuente: Elaboración Propia.



En la tabla 14, se observa que el grupo control tuvo un incremento promedio de **0.45g/dL.** en sus niveles de hemoglobina, sin embargo, en el primer grupo experimental se tuvo un incremento en promedio de **3.63g/dL.**, en cuanto al segundo grupo experimental se tiene un incremento promedio de **2.63g/dL.**, estos resultados fueron analizados mediante la prueba estadística de Kruskal Wallis en la cual se obtiene un nivel de significancia de **0.011 (P < 0.05)**, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, con lo que concluimos que en nuestra investigación existen diferencias significativas en el incremento de los niveles de hemoglobina entre el grupo control y los grupos experimentales.

Nuestros resultados guardan relación con lo que sostienen Anaya et al. (2020), quienes utilizaron ratas anémicas, que al ser alimentados con 20g/día de galletas con 5.34 mg de hierro hemínico por cinco semanas sus unidades experimentales tuvieron un incremento de 2.34 g/dL en sus niveles de hemoglobina y que al ser comparadas estadísticamente con la prueba de Tukey se demostró que el hierro hemínico incorporado en las galletas reduce la anemia en ratas, a su vez concuerda con Lozano (2019), quien utilizó también ratas albinas anémicas tratados con 3 mg Fe/kg peso/21 días con una mezcla de MV, FeSO<sub>4</sub> y Fe hemínico quienes tuvieron incremento en sus concentraciones de hemoglobina, logrando incrementar mucho más el grupo que recibió la mezcla MV con 9.1 g/dL, demostrándose que los 3 compuestos de hierro tienen un efecto antianémico, además Al – Shemy (2018), al comparar las Nanopartículas de óxido de hierro y sulfato ferroso al ser tratados con 0.4 mg/kg peso/10 días el grupo que consumió las Nanopartículas de óxido de hierro el cual tuvo un incremento de 4.06 g/dL en sus niveles de hemoglobina demostró ser un fármaco eficaz para el tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro en ratas, también Caballero & Valdivia (2018), al brindar galletas elaboradas con harina de trigo, camu camu y sangrecita en unidades





experimentales con anemia muestran cambios significativos para los valores finales de la hemoglobina recuperándolos exitosamente a las unidades experimentales con anemia ferropénica, del mismo modo Sayah & Ouazene (2017), al brindar el sulfato ferroso como suplemento dietético con 70 y 140 mg de sulfato ferroso/kg de dieta/31 días obtuvieron un aumento significativo en la concentración de hemoglobina, por su parte Ayala (2015), al brindar el yogur fortificado con  $\text{FeSO}_4$  estabilizado con Vitamina C y microencapsulado (0.69 mg de hierro/28 días), los niveles de hemoglobina de las ratas con anemia incrementaron, demostrándose que el yogurt fortificado posee un efecto antianémico, a su vez, García et al. (2013), al utilizar el 40 mg de  $\text{FeSO}_4$ , 1mg de trofin + 20 mg de  $\text{FeSO}_4$  y 1mg de trofin + 10 mg de  $\text{FeSO}_4$  como suplemento en ratas anémicas, estas incrementaron sus niveles de hemoglobina, siendo la combinación de hierro hemínico + el hierro no hemínico ser la más eficiente en la recuperación de los niveles de hemoglobina, por otra parte Amaro et al. (2019), Amaro et al. (2018), y Becerra & Molloco (2018), al utilizar extractos de quinua (40 g/día)/14 días, alfalfa (40 g/día) 14 días, y coca (harina de coca 0.71 g/día y extracto de coca 1.17 g/día)/49 días, estos demostraron que en condiciones experimentales presentan un efecto antianémico, lo cual es sustentado en el incremento de los niveles de hemoglobina.

Pero, en lo que no concuerda nuestro estudio con los autores referidos en el presente estudio, es con Rocha (2016), quien suplemento a las ratas depletadas con una dosis 50 mg/kg de dieta de  $\text{FeSO}_4$ , Fe no hem y, Fe no hem + Fe hem por 18 días, si bien es cierto que los tres tratamientos logran incrementar los niveles de hemoglobina, la encapsulación de hierro con hierro no hem no tiene un efecto sobre la remisión de la depleción de las ratas, esto se debe a que el mecanismo de regulación de la absorción de hierro no se ve aumentada dos o tres veces de su nivel de absorción basal (Fe hem: 5 – 35%, Fe no hem: 2 – 10%) al tener unidades experimentales con niveles de hemoglobina normales. Lo



mismo pasa para el estudio que realizaron Loucif & Madi (2015), quienes inyectaron 8mg de Fe/kg de peso en forma de cloruro ferroso tetrahidratado cada 3 días por 21 días sin tener cambios significativos en las concentraciones de hemoglobina, por su parte Ayala (2015) , teniendo ratas con anemia y alimentándolo con yogurt fortificado (Fe: 0.69 mg/día) al culminar el tratamiento a pesar de tener un incremento en sus niveles de hemoglobina, este efecto del incremento no es relativamente significativo al grupo de las ratas anémicas que consumieron una dieta estándar, esto se debe a que la dieta estándar contiene la cantidad suficiente de hierro, por lo que al tener anemia las unidades experimentales incrementaron el porcentaje de absorción de hierro proveniente de la dieta por lo tanto el incremento en sus concentraciones de hemoglobina son similares al grupo de ratas que consumieron yogurt fortificado con sulfato ferroso microencapsulado, por otro lado Alvarado & Rodríguez (2017), utilizo el contenido de hierro presente en la murmunta en ratas anémicas suministrándole 0.33 y 0.20 mg de Fe por 45 días estos sin presentar ningún efecto significativo en la recuperación de las unidades experimentales anémicas, si bien es cierto que la cantidad de hierro brindado se aproxima a la cantidad de hierro (0.25 mg) necesario para la síntesis de hemoglobina, para unidades experimentales que se encuentran en un estado de anemia es una prioridad la utilización de una dosis de suplementación, ya que con esta dosis nos enfocamos en solucionar el problema de anemia y no simplemente en cubrir con los requerimientos que necesita cada individuo.



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERA:** El producto lácteo enriquecido con granos andinos presenta la siguiente composición química: carbohidratos **73.37%**, proteína **12.23%**, grasa **5.19%**, a su vez se tiene una escasa concentración de fibra **0.01%** así como también en hierro **0.005 mg**, lo cual no cubre las necesidades requeridas por las unidades experimentales.

**SEGUNDA:** Respecto a la determinación de hemoglobina antes de la intervención con diferentes concentraciones de hierro, se tuvieron una variabilidad en los resultados teniéndose en promedio en el grupo control **15.95 g/dL.**, en el primer grupo experimental (18 mg Fe microencapsulado) **14.95 g/dL.**, en el segundo grupo experimental (35 mg Fe microencapsulado) **13.95 g/dL.**, después de la intervención en el grupo control la concentración de hemoglobina fue **16.4 g/dL.**, en el primer grupo experimental **18.58 g/dL.**, y **16.58 g/dL.** para el segundo grupo experimental.

**TERCERA:** En cuanto a la relación de consumo de producto lácteo e incremento de los niveles de hemoglobina en ratas Wistar, **no existe relación.** La cual es corroborado con la prueba estadística de Chi – cuadrada donde se obtiene un nivel de significancia de **0.062 (P > 0.05)**, por lo cual conservemos la hipótesis nula.

**CUARTA:** El consumo del producto lácteo enriquecido con granos andinos y adición de hierro microencapsulado sobre el incremento de niveles de hemoglobina en ratas Wistar, **es efectivo.** Corroborado estadísticamente mediante la prueba



Kruskal Wallis se tiene un nivel de significancia de **0.011** ( $P < 0.05$ ), por lo que se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ .



## VI. RECOMENDACIONES

Para los futuros investigadores:

- Realizar estudios similares evaluando la mayor cantidad de biomarcadores de hierro, la cual les permitirá garantizar un adecuado diagnóstico.
- Realizar estudios con más compuestos de hierro para comparar el efecto antianémico entre los diferentes tratamientos.

Para los profesionales en Nutrición Humana:

- Recomendamos utilizar como criterio de suplementación una dosis de tratamiento de 3 mg de hierro por kilogramo de peso para unidades experimentales con anemia y una dosis profiláctica de 2 mg de hierro por kilogramo de peso para unidades experimentales sin anemia.
- El presente estudio sea considerado como una base científica para realizar estudios en preescolares.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Centeno E. Factores de riesgo intrínsecos y extrínsecos asociados a anemia ferropénica en niños de 6 meses en cuatro establecimientos de salud de la red SJM -VMT 2013. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
2. Mamani R. Anemia en niños menores de 5 años. Puno: Universidad Nacional del Altiplano; 2017.
3. INS. Indicadores de Resultados de los Programas Presupuestales, 2015 - 2020. Lima; 2021.
4. Manejo Terapéutico y Preventivo de la Anemia en Niños, Adolescentes, Mujeres Gestantes y Puerperas, (2017).
5. Márquez L, Pretell C. Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2018;16(2):12.
6. Guías de Diagnóstico y Tratamiento. Argentina: Sociedad Argentina de Hematología; 2019. p. 778.
7. Aspectos Éticos, Legales y Metodológicos de los Ensayos Clínicos para su Uso por los Comités de Ética., (2010).
8. Anaya R, De la Cruz E, Córdor R, Espitia E, Navarro R, Rivera J. Evaluación de formulaciones de galletas antianémicas con diferentes contenidos de Quinoa y diferentes contenidos de hierro hemínico, por reducción de anemia en ratas holtzman. *Rev Boliviana de Química*. 2020;37(2):74 - 84.



9. El - Semy M. Iron Oxide Nanoparticles Versus Ferrous Sulfate In Treatment of Iron Deficiency Anemia In Rats. *Egypt J Vet Sci.* 2018;49(2):103 - 9.
10. Sayah F, Ouazene D. Effet du sulfate ferreux comme un supplément alimentaire sur quelques paramètres biologiques et sur la histologie de tissu hépatique chez les souris. République Algérienne Démocratique et Populaire: Université de Blida 1; 2017.
11. Rocha N. Elaboración, Caracterización y Suplementación oral de Micropartículas de Hierro en Ratas Depletadas. Chile: Universidad de Chile; 2016.
12. Zohra L, Lilia M. Effet de la suplementation du fer sur les paramètres hématologiques chez les rats de la souche Wistar Albinos. République Algérienne Démocratique et Populaire: Université des Frères Mentouri Constantine; 2015.
13. García Y, Gonzáles R, García Á, Ángeles S, Carmona A, Cárdenas R. Efecto de la suplementación con diferentes fuentes de hierro durante la recuperación de ratas anémicas. *Rev CENIC.* 2013;44(3):14 - 22.
14. Amaro J, Iparraguirre M, Jiménez A. Efecto del consumo del extracto de quinua en anemia ferropénica inducida en ratones. *Rev Salud Pública.* 2019;21(2):232 - 35.
15. Lozano L. Efecto de una mezcla de minerales y vitaminas sobre la capacidad antioxidante y la anemia inducida en ratas. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2019.



16. Amaro J, Iparraguirre M, Isla P. Efecto del consumo del extracto de alfalfa (medicago sativa) en anemia ferropénica inducida, en ratones (mus musculus). Rev Salud Pública. 2018;20(6):730 - 4.
17. Caballero P, Valdivia J. Efecto del Consumo de Galletas Elaboradas con Harina de Trigo, Camu Camu y Sangrecita, sobre el Nivel de Hemoglobina en Unidades Experimentales con Anemia Inducida, Arequipa 2018. Arequipa: Universidad San Agustín; 2018.
18. Becerra C, Molloco Y. Efecto de la harina y del extraco etanólico de Erythroxyllum coca sobre la hemoglobina sérica en ratas Rattus Novergicus en comparación con sulfato ferroso. Julio 2017 - Enero 2018 - Arequipa. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2018.
19. Alvarado S, Rodríguez B. Efecto del consumo de hierro contenido en la murmunta (Nostoc sphaericum) en la recuperacion de ratas con anemia inducida. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2017.
20. Ayala M. Yogurt fortificado con vitamina A, ácido fólico, hierro y zinc en animales con anemia inducida. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina; 2015.
21. Ayala M. Estudio de la adición de vitamina A, ácido fólico, hierro y zinc al yogurt, en animales experimentales con anemia inducida. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga; 2015.
22. García L, Villar F. Efecto de una dieta a base de Chenopodium Quinoa "Quinoa" enriquecida con Retinol, sobre l concentración de hemoglobina sérica en Rattus





- rattus variedad albinus con anemia inducida. Trujillo: Universidad César Vallejo; 2010.
23. Carbajal Á. Calidad Nutricional de la Dieta. In: Madrid UCd, editor. Madrid 2013. p. 10.
  24. González P. Legislación comparada sobre definiciones de leche y queso: FAO, Chile, Unión Europea, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Argentina, Costa Rica y Perú. Chile: Asesoría Técnica Parlamentaria; 2019.
  25. UAM. Fundamentos y Técnicas de Análisis de Alimentos. Mexico: Facultad de Química; 2008. p. 58.
  26. Ku P. Perú como primer exportador de quinua a nivel mundial. Quipukamayoc. 2017;25(47):75 - 83.
  27. Apaza V, Cáceres G, Estrada R, Pinedo R. Catálogo de variedades comerciales de Quinoa en el Perú. In: Agraria OdINUplAylA-INdI, editor. 1 ed. Lima - Perú 2013. p. 82.
  28. Steffolani M, Bustos M, Ferreyra M, León A. Evaluación de la calidad tecnológica nutricional y sensorial de barras de cereal con quinoa. Agrisciencia. 2017;34(2):33 - 43.
  29. Tito A, Zavala P, Quintanilla V, Sanchez M, Ruiz M. Elaboración y comercialización de complemento nutritivo a base de harina de granos andinos y frutas deshidratadas. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola; 2018.



30. Reyes M, Sánchez I, Espinoza C. Tablas peruanas de composición de alimentos 10 ed. Lima - Perú: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud; 2017. p. 146.
31. Mamani V. Manejo y mejoramiento de Cañihua. Puno2010.
32. Repo R, Espinoza C. Valor nutricional y usos de los cultivos andinos quinua (*Chenopodium quinoa W.*) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule A.*). 1992:1 - 2.
33. Penelope N. Food fortification in developing countries. Berkley1993.
34. Mahshid L, Merx R, Naber van den Heuvel P. Micronutrient Fortification of Foods Current practices, research, and opportunities. Ottawa1996.
35. Hill I. Overview: Rationale and Elements of a Successful Food - Fortification Programme. Food and Nutrition Bulletin. 1998;19(2):9.
36. Hill I, Nalubola R-. Fortification strategies to meet micronutrient needs: successes. Proceedings of the Nutrition Society. 2002;61:231 - 41.
37. FAO. Food Fortification: Technology and Quality Control. Roma; 1996.
38. Bothwell T, Charlton R, Cocinero J, Finch C. Iron Metabolism in Man. Oxford1999.
39. Hurrell R. Fortification: Overcoming technical and practical barriers. J Nutr. 2002;132.
40. Dary O, Freire W, Kim S. Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos: Guías para América Latina y el Caribe. In: ICAP/OPS, editor. 2002.
41. Parra R. Microencapsulación de Alimentos. Rev Fac Nal Agr. 2011;63(2):16.



42. Jaramillo N, Leal M. Plan estrategico de Marketing para el posicionamiento de alimentos Fortificados con Hierro Encapsulado para Empresas de la ciudad de Guayaquil. Ecuador: Universidad de Guayaquil; 2016.
43. Durán E, Villalobos C, Churio O, Pizarro F, Valenzuela C. Encapsulación de hierro: Otra estrategia para la prevención o tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro Rev Chil Nutr. 2017;44(3):10.
44. Alimentación E. Dirección de Innovación y Calidad. 2016.
45. TheGreenLab. Hierro encapsulado. Madrid - España; 2013.
46. Gibson R, Ferguson E, Lehrfeld J. Complementary foods for infant feeding in developing countries their nutrient adequacy and improvemet. Europe Journal of Clinical Nutrition. 1998;52:764 - 70.
47. Zlotkin S, Arthur P, Antwi KY, Yeung G. Treatment of anemia with microencapsulated ferrous fumarate plus ascorbic acid supplied as sprinkles to complementary (weaning) foods. Am J Clin Nutr. 2001;74(791 - 5):5.
48. Tondeur M, Schauer C, Christofides A, Kwaku P, Newton S, Serfas R, et al. Determination of iron absorption from intrinsically labeled microencapsulated ferrous fumarate (sprinkles) in infants with different iron and hematologic status by using a dual - stable - isotope method. Am J Clin Nutr. 2004;80:1436 - 44.
49. Miranda B, García D, Maldonado MdC, Córdova A, Esquivel G, Vieira MdR. Manejo de animales del Bioterio de la UAM - I. 1 ed. México2018. 74 p.



50. Anderson N. Alojamiento básico y medicina de animales de compañía de bolsillo. In: Interamericana M-H, editor. Manual Clínico de Pequeñas Especies. II. México1996.
51. Muñoz L. Especificaciones técnica para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. In: Secretaría de Agricultura G, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación., editor. México1999. p. 58.
52. Subcommittee on Laboratory Animal Nutrition. Nutrient Requirements of Laboratory Animals 4ed. Washington: Natinal Academy Press; 1995.
53. Reeves P, Nielsen F, Fahey G. AIN - 93 Purified Diets for Laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition Ad of the AIN - 76A Rodent Diet. Journal of Nutrition. 1993.
54. Brownlie T, Hinton P, Giordano C, Hass J. Iron supplementation improves endurance after training in iron - depleted. J Appl Physiol. 2000;88:1103 - 11.
55. Mendoza M. Farmacología médica México: Médica Panamericana; 2008.
56. Jost Chemical. Fumarato ferroso microencapsulado JOSTCOTE 60%. In: SPRL JCE, editor. España2018.
57. Baseline C. Haematology and clinical chemistry values for Charles River Wister rats as a function of sex and age 1982.
58. Cutipa B, Salomé N. Factores de Adherencia a la Suplementación con NUTROMIX asociados al Incremento de Hemoglobina en Niños de 6 a 36 meses, en el Centro de Salud Chupaca - 2015. Huancayo - Perú: Universidad Privada de Huancayo; 2016.



59. Burger S, Pierre Louis J. Procedure to estimate the Accuracy and Reliability of HemoCue Measurements of Suvery Workers. In: Institute ILS, editor. Washington DC2003.
60. Reinold C, Dalenius K, Brindley P, Smith B, Grummer Strawn L. Pregnancy Nutrition Surveillance Atlanta: Departament of Health an Human Services; 2010.
61. Gordon N. Application of Microencapsulation in Textiles. Chemical Engineering Journal. 2002.
62. Ré M. Microencapsulation by spray dryng. Dry Tecnology. 1998;16(6):1195 - 236.
63. Drucker P. Diseño y Efectividad Organizacional 1ed2000. 36 p.
64. Quijano S. Dirección de Recursos Humanos y Consultoría en las Organizaciones. Editorial I, editor. Barcelona2006. 425 p.
65. Gutiérrez H. Los Retos Actuales de la Mejora de la Calidad y la Productividad en las Organizaciones. Conferencia presentada en el I Simposio Internacional de Ingenieria Industrial2007. p. 109 - 24.



# ANEXOS

ANEXO 01

**Tabla 15.**

*Base de datos del seguimiento de las unidades ratas Wistar fase de intervención en el 2020.*

G.	Co.	Hb C.	22 Feb.		23 Feb.		24 Feb.		25 Feb.		26 Feb.		27 Feb.		28 Feb.		29 Feb.		1 Mar.		2 Mar.		3 Mar.		4 Mar.		5 Mar.		6 Mar.		X Csm.	DX.	Hb F.
			N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%			
B	2	17	16	62	16	60	12	48	14	54	17	65	15	58	15	58	21	74	21	75	17	60	18	66	18	64	19	69	14	100	65	Def.	16.6
B	5	14.6	11	41	16	63	13	51	13	50	12	46	11	41	12	48	15	52	11	41	9	32	12	43	12	44	8	28	7	50	45	Def.	15.9
B	7	16.4	11	44	13	52	13	52	12	47	11	42	12	48	11	44	15	52	10	37	14	49	15	52	10	35	15	54	8	54	47	Def.	17.1
B	11	15.8	11	42	16	62	7	28	13	49	11	42	11	42	9	36	14	48	11	39	12	44	15	52	12	42	14	50	9	61	45	Def.	16
Hu	1	13.8	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	28	100	28	100	28	100	28	100	28	100	14	100	100	Ade.	15.8
Hu	4	14	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	28	100	28	100	28	100	28	100	28	100	14	100	100	Ade.	15.2
Hu	8	14.5	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	28	100	28	100	28	100	28	100	28	100	14	100	100	Ade.	17.1
Hu	9	13.5	26	100	26	100	22	86	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	28	100	28	100	28	100	28	100	27	98	14	100	99	Ade.	18.2
Hhu	3	15.9	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	28	100	28	100	28	100	28	100	28	100	14	100	100	Ade.	20.3
Hhu	6	14.1	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	28	100	28	100	28	100	28	100	28	100	14	100	100	Ade.	18.7
Hhu	10	15.2	26	100	26	100	23	90	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	28	100	28	100	28	100	28	100	28	100	14	100	99	Ade.	17.2
Hhu	12	14.6	26	100	26	100	26	98	26	100	26	100	26	100	26	100	26	100	28	100	28	100	28	100	28	100	28	100	14	100	100	Ade.	18.1

Fuente: Elaboración Propia.

G.: Grupo.

Co.: Código.

Hb C.: Hemoglobina de control.

X Cns.: Promedio de consumo.

Dx.: Diagnóstico.

Hb F.: Hemoglobina final.

Ade.: Adecuado.

Def.: Deficiente.

Feb.: Febrero.

Mar.: Marzo.

B.: Control.

Hhu.: Hierro microencapsulado 1.

Hu.: Hierro microencapsulado 2.

ANEXO 02

**Tabla 16.**

*Composición química estimada de la tortilla de verduras según las tablas peruanas de composición de alimentos 2017.*

<b>Tortilla de verduras en 26 g de alimento crudo</b>	
Energía (Kcal)	30.91
Proteína (g)	1.17
Grasa (g)	1.08
Carbohidratos (g)	4.71
Fibra (g)	0.37
Ceniza(g)	0.16
Calcio (mg)	12.61
Fosforo (mg)	4.86
Potasio (mg)	21.16
Cobre (mcg)	7.2
Hierro (mg)	0.04
Zinc (mg)	0.05
Yodo (mcg)	0.6
Magnesio (mg)	3.25
Selenio (mcg)	0.83
Vit "A" (mcg)	80.58
Vit "D" (mcg)	0.24
Vit "E" (mcg)	0.92
Tiamina (mg)	0.02
Niacina (mg)	0.14
Riboflabina (mg)	0.04
Ácido Fólico (mcg)	3.52
Cianocobalamina (mcg)	7.21
Piridoxina (mg)	0.07

Fuente: Elaboración Propia.





ANEXO 03

**Tabla 17.**

*Registro de los niveles de hemoglobina de las unidades ratas Wistar.*

Código	Grupo	8/01/2020		11/02/2020		6/03/2020	
		Hb Ob.	Hb Aj.	Hb Ob.	Hb Aj.	Hb Ob.	Hb Aj.
1	Hu	19.3	16.1	17	13.8	19	15.8
2	B	20.4	17.2	20.2	17	19.8	16.6
3	Hhu	20.3	17.1	19.1	15.9	23.5	20.3
4	Hu	19.1	15.9	17.2	14	18.4	15.2
5	B	18	14.8	17.8	14.6	19.1	15.9
6	Hhu	18.8	15.6	17.3	14.1	21.9	18.7
7	B	19.7	16.5	19.6	16.4	20.3	17.1
8	Hu	18.3	15.1	17.7	14.5	20.3	17.1
9	Hu	19	15.8	16.7	13.5	21.4	18.2
10	Hhu	18.8	15.6	18.4	15.2	20.4	17.2
11	B	18.3	15.1	19	15.8	19.2	16
12	Hhu	19.9	16.7	17.8	14.6	21.3	18.1

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 04

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS



